

# 中国生物液体燃料规模化发展研究

(专题报告一)

## 国际生物液体燃料发展趋势和政策实践

国家发展和改革委员会能源研究所

可再生能源发展中心

2008年8月

# 目 录

一、介绍.....	1
二、争论漩涡中的生物燃料产业.....	1
(一) 国际生物液体燃料产业总体展望.....	1
(二) 近期关于生物液体燃料产业的争论.....	2
三、发展历史回顾和形势分析 .....	3
(一) 生物燃料的兴衰和复兴：机遇真的来了吗？ .....	3
(二) 美国：加速发展的全球领先者.....	4
(三) 巴西：农业大国的曲折及成功范例.....	5
(四) 欧盟：全球环保领军者的艰难决策.....	6
(五) 其它国家.....	7
四、生产使用技术和潜力：生物液体燃料是可行有效的清洁替代燃料吗？ .....	7
(一) 清洁交通燃料需求及生物液体燃料市场潜力.....	7
(二) 生产应用技术路线和经济竞争力.....	8
1、传统生物液体燃料.....	8
2、第二代生物液体燃料.....	10
(三) 能源产出效益和温室气体排放影响.....	12
(四) 资源条件和发展潜力.....	14
(五) 小结.....	15
五、粮食安全和农业经济：谁影响粮食安全？发展了谁的农业经济？ .....	15
(一) 生物液体燃料的粮食安全影响.....	16
(二) 生物液体燃料产业与农业经济.....	20
六、政策走向及全球治理：如何确保生物液体燃料产业促进可持续发展？ .....	22
(一) 主要国家生物液体燃料产业政策.....	22
1、多重目标下的政策体系.....	22
3、环境政策.....	25
3、可持续准则和认证.....	26
4、贸易政策.....	27

5、小结.....	29
(二) 生物液体燃料产业：全球治理的重要交汇点？ .....	29
1、作为全球治理交汇点的生物液体燃料产业.....	29
2、生物液体燃料产业的全球治理框架初探.....	31
<b>七、我国生物液体燃料产业发展的机遇、挑战和对策 .....</b>	<b>34</b>
(一) 我国生物液体燃料发展现状、机遇和挑战.....	34
(二) 国际生物液体燃料产业发展对我国的启示、影响和对策分析.....	35
<b>八、结论和建议.....</b>	<b>36</b>

## 一、前言

20 世纪 90 年代以来，在促进农业发展、保障能源安全、应对气候变化、保护环境等目标驱动下，越来越多的国家都制定实施积极战略和政策加快发展生物液体燃料产业。但近年全球生物液体燃料产业的快速扩张对全球粮食安全和自然生态环境的潜在影响也逐步显现，有待于建立促进可持续发展的生物液体燃料产业发展道路。

在未来数十年，我国作为最大发展中国家面临加快社会发展的重要任务，在保障能源安全、保护自然和生态环境、促进农村农业发展等方面都面临着巨大挑战。因此，深入考察评估国际生物液体燃料产业发展前景和影响，对探讨我国生物液体燃料产业及相关领域的发展战略和对策，对于切实促进经济、社会和自然可持续发展具有重要意义。

为此，本报告考察了国际上生物液体燃料产业发展历程和现状，分析了生物液体燃料产业发展方向和潜力、与粮食安全和农业经济的关系、以及未来政策走向等，提出促进全球和我国社会经济可持续发展的生物液体燃料产业发展道路和政策。具体地，本文包括如下几个部分。第二部分总结近期关于生产使用生物液体燃料的前景评价和主要争论。第三部分深入回顾分析全球生物液体燃料产业的兴衰历史、主要国家的发展现状、战略和政策。第四部分考察分析生物液体燃料的清洁高效技术发展方向和未来潜力。第五部分讨论分析生物液体燃料产业与粮食安全的关系。第六部分考察分析国际上主要国家生物液体燃料产业相关政策，探讨了加强生物液体燃料产业全球治理的必要性和基本框架。第七部分分析了我国生物液体燃料技术产品开发和利用方向、合理利用国内外两种资源市场、推动国内外建立促进可持续发展的生物液体燃料产业监管和政策的相关建议。第八章为结论和建议。

## 二、争论漩涡中的生物燃料产业

### （一）国际生物液体燃料产业总体展望

近些年来，全球生物液体燃料生产使用量迅速增加，2007 年全球主要国家的燃料乙醇和生物柴油产量估计分别达到约 4000 万吨和 880 万吨。而且，许多国家对生物液体燃料寄予厚望，提出雄心勃勃的发展目标和扶持政策。据国际能源机构预测（IEA，2006），今后二十多年的全球生物液体燃料消费量在基准情景下将年均增长 6.3%，从 2005 年的 2000 万 toe（占全球道路交通燃料需求的 1%）增加到 2030 年的 9200 万 toe，届时约占全球道路交通燃料需求的 4%；在替代政策情景下将年均增长 8.3%，到 2030 年增加到 1.47 亿 toe，届时占全球道路交通能源需求的 7%（见表 1）。届时，巴西、欧盟和美国等领先国家/地区的生物液体燃料在道路交通燃料总量的比例则可望分别达到 30%、14%和 7%。

表 1 国际生物液体燃料消费量现状和预测（单位：万 toe）

	2004	2010		2015		2030	
		基准情景	替代政策情景	基准情景	替代政策情景	基准情景	替代政策情景
经合组织	890	3050	3470	3900	5160	5180	8420
转型国家	0	10	10	10	20	30	50
发展中国家	650	1090	1400	1530	2110	4040	6200
合计	1550	4150	4880	5440	7300	9240	14670

资料来源：IEA, 2006

2007 年，国际能源机构(IEA, 2007) 根据最新进展对全球生物液体燃料发展前景作出了更加积极的预期，生物液体燃料消费量在 2030 年达到 1.02~1.94 亿 toe，届时石油燃料替代量约为 210 万~340 万桶/日；如果实现了以纤维素生物质为原料的第 2 代生物液体燃料的大规模生产应用，2030 年生物燃料使用量将达到 3.3 亿 toe。对于更远期，国际能源机构（IEA, 2006）预计，认为若实现技术突破，全球生物液体燃料使用量在 2050 年可望达到约 5 亿 toe,甚至可望超过 8 亿 toe，届时占世界液体燃料总需求的 13%。

## （二）近期关于生物液体燃料产业的争论

虽然生物液体燃料在近年来发展迅速并初步展示了广阔的发展潜力，但是随着生物液体燃料生产使用量对原料需求的快速增加、以及欧美陆续提出更加积极的中长期发展目标，近年来生物液体燃料也日益引发了众多争议和批评。

批评者认为，大规模发展生物液体燃料对替代石油和保障能源安全的潜力十分有限，即使利用全部美国现种植的 9000 万公顷玉米也只能满足美国 12~15% 的交通燃料需求，而且显著推高了农产品和食物价格，威胁粮食安全。对于生物燃料的实际减排温室气体效果和潜力，许多机构也提出质疑，认为玉米乙醇等生物燃料及其原料的整个生产过程的能耗并不低于所提供的能量，甚至还要消耗更多能源；生物燃料减排温室气体的效益也十分有限，而且在热带地区国家毁坏现有森林发展生物液体燃料将会引起显著碳释放，将抵消替代石油燃料所减排的温室气体。因此，这些批评者认为，生物液体燃料为一种错误的选择，欧美等国的发展目标和积极政策也应该取消或缓行。

但是，有的研究机构称，发展能源作物和生物液体燃料并不必然威胁粮食安全，因为可通过技术创新提高原料单产量、利用农作物秸秆等传统农业废弃物、开发边际土地种植专用能源植物等途径扩大发展潜力。支持者还认为，生物液体燃料的技术进步和产业监管制度（如可持续生物燃料认证）能够促进实现更加显著的化石能源替代和温室气体减排效益。也就是说，如果采取积极的、正确的技术、产业和环保政策，生物液体燃料完全可以实现其社会经济目标。欧盟委员会即针对有关欧盟生物液体燃料目标和政策的批评反驳道，其生物液体燃料发展战

略是符合欧盟的自身情况和利益的。美国则于 2007 年在国内外争论质疑中通过了《能源独立与安全法案 2007》，提出 2022 年生物液体燃料等再生燃料使用量达到 360 亿加仑（约 1.12 亿吨）的目标。

总的来说，不同研究机构、专家和国家对生物液体燃料产业的发展道路、影响和战略政策存在着不同视角、倾向和观点，反映了生物液体燃料产业自身及其社会经济含义的复杂性，也使得国际生物液体燃料产业处于亟需进行认真审视的重要道路关口。

### 三、历史回顾和形势分析

#### （一）生物燃料的兴衰和复兴：机遇真的来了吗？

生物液体燃料的应用起始于 19 世纪末内燃机的发明。但是在 20 世纪 70 年代以前，生物液体燃料只限于乙醇和植物油，而且自石油资源大规模开发以来长期只有小规模生产使用作为石油的补充燃料，只是在部分石油资源严重匮乏地区或第二次世界大战期间才有局部或短期规模化应用。20 世纪 70 年代的两次石油危机推动了生物液体燃料的首次发展热潮和规模化生产和应用，主要是巴西甘蔗乙醇和美国玉米乙醇计划，包括中国在内的其它许多国家在 70 年代也不同程度的成效地开展了本国生物液体燃料的生产应用活动。但是，随着国际油价的快速回落，除巴西、美国外，大部分国家生物液体燃料计划就停滞了。进入 20 世纪 90 年代，促进农业经济和保护环境成了推动生物液体燃料产业发展的新动力。例如，欧盟为了给“休耕地”开拓新的市场，对以植物油为原料的生物柴油开始实施税收优惠政策，推动了欧洲（特别是德国）生物柴油产量快速增加；美国通过《空气清洁法（修正案）》要求在汽油中添加乙醇或 MTBE 等含氧燃料；本世纪初，当美国发现常用汽油添加剂 MTBE 将危害地下水时，20 多个州立法禁止使用 MTBE，进而推动燃料乙醇使用量的快速增长。2002 年以来，国际石油供需形势的日益紧张和价格持续攀升使得生物液体燃料经济竞争力逐步增强，气候变化问题也加大了交通部门减少温室气体排放的压力，加上欧美等国对生产应用生物液体燃料施行优惠的财税政策，从而全面推动了国际生物液体燃料产业的蓬勃发展。

目前，以多种糖和淀粉类作物为原料的燃料乙醇和以植物油脂为原料的生物柴油等生物液体燃料（通常被称为传统生物液体燃料），已经实现商业化生产应用，近数年来全球生产使用规模迅速扩大。燃料乙醇是目前全球生产使用规模最大的生物液体燃料。2007 年全球燃料乙醇和生物柴油产量估计分别达到约 4000 万吨和 880 万吨，90%集中在美国、巴西和欧盟地区。许多国家近年来纷纷制定扩大生产使用燃料乙醇的计划，提出了雄心勃勃的发展目标（见表 2）。

2005 年以来，随着传统生物液体燃料在资源潜力、环保效益、燃料性能、粮食安全影响等方面的制约因素开始受到严重关切，国际社会和生物液体燃料产

业界日益重视发展十分多样的非粮生物液体燃料，包括以农林业有机废弃物、专用非粮能源植物/微生物等生物质为原料的燃料乙醇、生物柴油、合成柴油燃料、新型醇类燃料、以及氢燃料等（通常称为第二代生物燃料）。目前，欧美等领先国家和企业正在建设一批万吨级规模的生物合成柴油、纤维素乙醇示范项目，一般预计在今后十年将逐步实现商业化。

表 2 主要国家生物液体燃料发展现状及目标

国家	产品及主要原料		2007 产量估计 (万吨)		发展目标	
	乙醇	生物柴油	乙醇	生物柴油	乙醇	生物柴油
美国	玉米	大豆油、废弃油脂	1987	152	2012 年 75 亿加仑，2022 年 360 亿加仑（含 150 亿加仑升纤维素乙醇及其它新型燃料）	
巴西	甘蔗	大豆、蓖麻、棕榈油	1518	22	2007 年使用 E25 燃料	2008 年推广 B2 燃料，2013 年推广 B5 燃料
中国	玉米、甘薯、木薯	废油	129	10	200 万吨非粮原料乙醇	20 万吨
加拿大	玉米、小麦、	动植物油脂	81	9	2010 年 E5	2012 年 B2
欧盟	小麦、甜菜	菜籽油、葵花油、大豆油	186	594	在车用燃料中的比例在 2010 年应达到 5.75%，2020 年计划达到 10%	
印度	糖蜜、甘蔗	小桐子、棕榈油	32	4	2008 年 E10	2012 年 B5
印度尼西亚	甘蔗、木薯	棕榈油、小桐子油	0	37	在道路交通燃料中的比例在 2010 年达到 10%	
马来西亚	无	棕榈油	0	30	无	近期为 B5
泰国	糖蜜、木薯、甘蔗	棕榈油、废油	24	24	2011 年 E10 扩大一倍	2012 年 B10
合计	-	-	3957	882	-	-

资料来源：主要整理自 William Coyle, The Future of Biofuels: A Global Perspective, 2008

## （二）美国：加速发展的全球领先者

美国目前是世界上燃料乙醇的主要生产国，也是生物燃料的领导者，正在推动实施规模空前的生物液体燃料计划。上世纪 70 年代的国际石油危机期间，美国大规模开展了乙醇发展计划，利用玉米生产燃料乙醇，推广在汽油中掺混 10% 乙醇的混合车用燃料（即 E10 燃料），并实行减免联邦消费税的优惠政策。1990

年，美国燃料乙醇产量已从 1979 年的 1000 万加仑（约 3 万吨）迅速增加到 8.7 亿加仑（约 270 万吨）。美国在 1990 年通过的《空气清净法（修正案）》及 90 年代末以来对可能污染水体的 MTBE 添加剂的禁用令，进而使得燃料乙醇作为汽油含氧添加剂的需求快速增加。

2005 年美国通过《能源政策法案 2005》，建立再生燃料份额制度（RFS），要求使美国可再生燃料（在可预见期内主要是生物液体燃料）利用量逐年递增至 2012 年 75 亿加仑（约 2320 万吨）。实际上，由于 2005 年以来国际油价飙升、美国联邦政府对燃料乙醇实行 54 美分/加仑的税收优惠政策（以及众多州的财税优惠政策）等积极因素，使得美国玉米乙醇产业产能和产量迅速增加。美国的生物柴油产业自 2000 年以来也在税收优惠和高油价激励下迅速起步壮大。2007 年，美国燃料乙醇产量已达到 64 亿加仑（约 1980 万吨），生物柴油产量达到 4.5 亿加仑（约 150 万吨），预计在 2008 年就可提前 4 年达到 2012 年 75 亿加仑消费量的发展目标。目前，美国的燃料乙醇产用量约占全球的一半，全国 45% 的汽油均添加了 10% 的燃料乙醇。

美国总统在 2007 年提出到 2017 年通过发展生物液体燃料和提高能效等手段使 2017 年的汽油消费降低 20%，其中生物液体燃料的使用量要达到 350 亿加仑（约 1.08 亿吨）。经过广泛讨论，美国国会于 2007 年底通过最新的《能源独立和安全法案 2007》，进而要求再生燃料使用量逐年增加，在 2022 年达到 360 亿加仑（约 1.1 亿吨），预计届时将占美国车用燃料的 22%。《能源独立和安全法案 2007》最令人瞩目的特点是在继续显著扩大玉米乙醇使用量的同时快速提升先进生物燃料的使用量，要求传统生物液体燃料（特指以玉米淀粉为原料的燃料乙醇）的年使用量逐步增加并在 2015 年后将稳定在 150 亿加仑（约 4650 万吨），其余将由“先进生物燃料”提供，包括纤维素燃料、生物基柴油（即以动植物油脂为原料的生物柴油）以及不加单独规定的其它生物燃料。

### （三）巴西：农业大国的曲折及成功范例

巴西长期以来是国际上最主要的生物液体燃料生产使用国，主要利用甘蔗生产燃料乙醇。巴西自 1975 年启动实施“全国乙醇项目（Proálcool）”，到上世纪 80 年代末的年使用量已达到约 1000 万吨，乙醇汽车的销售已占汽车产量的 94.4%。但是在 80 年代末，巴西政府因为较重财政负担而停止了对全国乙醇项目的支持。1990 年“海湾战争”后国际原油价格高涨，巴西政府又对全国乙醇项目给予高度关注和支持，于 1993 年出台法律规定汽油中掺加乙醇的比例为 20~25%，推动了甘蔗燃料乙醇的扩大生产使用，使得生产使用量在 1997 年达到约 1200 万吨。在上世纪 90 年代中后期，随着国际原油价格逐步回落至 10 美元/桶以下，巴西甘蔗乙醇的产量又一次逐步下降。但近年来国际油价的迅速飙升又推动了巴西燃料乙醇的产量。2007 年，巴西利用 340 万公顷的甘蔗生产了大约 1500 万吨燃料乙醇，扣除出口后约替代了国内 48% 的汽油。



巴西还计划扩大燃料乙醇项目，在增加国内清洁替代燃料供应的同时，并力争扩大出口，计划到 2015 年生产燃料乙醇约 3000 万吨，比 2007 年约增加一倍。巴西于 2006 年启动生物柴油计划，推广在普通柴油中掺加 2% 生物柴油的混合燃料（即 B2 燃料），计划在 2013 年后在全国推行 B5 燃料，预计到 2013 年使生物柴油年产量达到 200 万吨。

#### （四）欧盟：全球环保领军者的持续努力

欧盟地区虽然在生物液体燃料产业的起步和规模上均落后于美国和巴西，但日益重视根据自身情况发展生物燃料产业。如前所述，上世纪 90 年代中期欧盟出于农业保护目的的休耕地政策推动了生物柴油等产业的起步。进入本世纪，随着石油进口依存度和气候变化压力的不断增加，欧盟日益把生产利用生物液体燃料作为保障能源安全和减排温室气体的战略举措。欧盟交通部门的温室气体排放在 1990 至 2010 年期间预计增加 50%，新增量约为 11 亿吨，其中 83% 来自道路交通。交通部门的石油依赖度也高达 98%。

2003 年欧盟颁布《关于促进交通部门使用生物燃料和其它再生燃料的指令》（以下简称《指令 2003》），推动各成员国生产利用生物液体燃料，包括生物燃料乙醇、生物柴油（脂肪酸甲酯）、沼气和生物甲烷、生物二甲醚（Bio-DME）、利用生物乙醇生产的乙基叔丁基醚（ETBE）、利用生物甲醇生产的生物甲基叔丁基醚（Bio-MTBE）、合成生物燃料、生物氢、纯植物油等。《指令 2003》为各成员国提出了指示性目标，即生物液体燃料在欧盟道路交通燃料（特指汽油和柴油）中的比例（以能量计算）在 2005 年应达到 2%，在 2010 年应达到 5.75%。《指令 2003》还要求各成员国制定财税优惠政策等促进实现该目标。在《指令 2003》及各国扶持政策激励下，许多欧盟成员国的生物液体燃料产用量持续增加，在 2003~2005 年增加约一倍，主要是生物柴油。但是，截止到 2005 年，整个欧盟地区的生物液体燃料使用量在道路交通燃料中的实际比例只达到 1%，仅为预定目标 2% 的一半，只有德国（3.8%）和瑞典（2.2%）超过了 2% 的目标。就生物燃料品种而言，生物柴油占柴油的比例达到 1.6%，而燃料乙醇仅占到汽油燃料的 0.4%。欧盟目前普遍认为，2010 年生物液体燃料在道路交通燃料中的份额达到 5.75% 的目标不大可能实现。为了加快发展生物液体燃料，欧盟委员会在 2006 年 2 月发布了《生物液体燃料战略》，提出了一系列鼓励生产应用生物液体燃料——特别是第二代生物液体燃料——的发展战略和政策措施，涵盖目标引导、土地供应、市场拉动、技术支持、财政扶持等方面。

2008 年，欧盟委员会又提出新的发展目标，在 2020 年使再生燃料满足欧盟地区 10% 的道路交通燃料需求，预计届时年使用量约为 3460 万 toe。为促进实现该目标，欧盟委员会提出各成员国可采用税收减免和再生燃料配额这两种政策。德国的税收减免政策已显著促进了生物液体燃料的生产应用。但近两年来，为了减轻政府财政负担、避免在高油价下的过渡补贴、激励生产商降低生产成本，法

国、奥地利、德国等成员国已经或准备采用配额制度，要求燃料供应商必须在国内燃料市场中供应一定比例的生物液体燃料。如果没有合理理由和新的科学发现而没能事先预定目标，欧盟委员会拟在评估的基础上提出制定应对措施，包括适当方式的强制性目标。

#### （五）其它国家

在国际市场油价居高不下的背景下，其他许多发达国家和发展中国家近年来也积极推动本国的生物液体燃料生产应用。印度已推行燃料乙醇计划数年，计划在中期全国推广 E5 燃料，并开始积极推动发展以小桐子为原料的生物柴油计划。加拿大政府在 2006 年宣布计划实施生物燃料掺混政策，计划在 2010 年推广 E10 燃料，在 2012 年推广 B5 燃料。日本计划自 2007 年起推广使用乙醇掺混比例为 3% 的乙醇汽油燃料（E3 燃料），在 2020 年前推广率达到 50% 以上，到 2020 年以后开始推广乙醇掺混比例为 10% 的乙醇汽油燃料，到 2030 年使推广率达到百分之百。生物液体燃料产业在许多具有优厚土地和气候条件的拉美地区和东南亚国家也被视为减少石油进口压力、形成新的经济增长点的重要机遇。印尼、马来西亚、阿根廷、乌拉圭、哥斯达黎加、哥伦比亚、巴拉圭、智利等国都通过国家立法、掺混比例目标、财税扶持政策手段促进本国生产使用利用甘蔗、棕榈油、大豆油等原料生产燃料乙醇和生物柴油。

### 四、生产使用技术和潜力：生物液体燃料是可行有效的清洁替代燃料吗？

#### （一）清洁交通燃料需求及生物液体燃料市场潜力

普遍预计，全球交通部门能耗和温室气体排放持续显著增加，仍将依赖石油燃料，供需形势日益紧张，亟待寻找清洁替代燃料。国际能源机构（IEA，2007）预测，2030 年交通部门的年能耗量和年二氧化碳排放分别比 2005 年新增 11.5 亿 toe 和 29 亿吨 CO<sub>2</sub>，分别占同期世界每年一次能源消耗总量和温室气体排放总量新增量的 18% 和 19%（IEA，2007）。虽然中国、印度等发展中国家交通部门的能耗和温室气体排放量增加速度最快，但发达国家的交通运输部门更是能源消耗和温室气体排放增加的主要来源，例如 2020 年欧盟地区道路交通部门的 CO<sub>2</sub> 排放量将比 2005 年增加 7700 万吨，占同期 1.26 亿吨的总新增排放量的 61%。而且，随着石油供应形势的日益紧张和价格的不断高涨，发展替代燃料的经济动力又一次增强。因此，寻找清洁替代燃料已成为保障能源安全（特别是交通部门能源安全）、减排温室气体的必然要求。

随着现代汽车技术和生物质能资源转化利用技术的持续创新，生物液体燃料成为交通部门近中期最有希望实现大规模生产应用的规模化替代燃料。自 19 世界末内燃机发明后并逐步技术成熟、成为世界主导车用动力装置之后，液体燃料就与内燃机一道形成了长期稳固的车用动力燃料技术体系。虽然自 20 世纪 80 年代以来，国际社会持续研究替代性车用燃料和动力装置，如电动汽车、天然气

汽车、液化气汽车、以及燃料电池车，但是由于高成本和低便利性（基础设施少、行驶里程短等）都没有实现大比例替代。据预测，2030年前内燃机仍将在交通体系中占据主流位置，也将继续依赖液体燃料。值得特别指出的是，鉴于全球庞大而高度统一的道路交通基础设施体系和汽车及燃料市场，与现有基础设施的兼容性和快速商业化发展前景是交通部门新型替代燃料胜出的重要条件。2000年以来欧美致力于开发革命性的氢燃料电池车，但由于生产成本低、需要全新基础设施、距离商业化应用较远而被日本混合动力汽车技术迅速抢占大量市场。因此，欧美汽车业界也更加注重在近中期可迅速市场商业化、于现有基础设施兼容的交通能源技术，即与车用内燃机相兼容的液体燃料。生物质资源是唯一能被储存的、可再生的碳源，生物液体燃料则具有燃料性能及兼容性较好、清洁且可再生、资源基础广阔等优点，而且已具有规模化生产应用的实际经验，被普遍视为可预见期内唯一具有大规模生产应用潜力的清洁交通替代燃料。

虽然航空、航海和铁路运输业也开展了在飞机、火车和轮船上应用生物液体燃料的研究试验，以探索替代能源方案和减排温室气体措施。但是，由于传统生物液体燃料存在能量密度低、冷凝点高、稳定性差等问题，即使考虑到合成燃料具有一定应用潜力，考虑到航空部门燃料体系更加苛刻且相对缺乏灵活性，生物液体燃料近期最好用于地面道路交通。因此，道路交通部门是近中期生物液体燃料的主要应用领域，汽车、发动机及燃料系统及其技术变革将引导、推动生物液体燃料的市场应用。

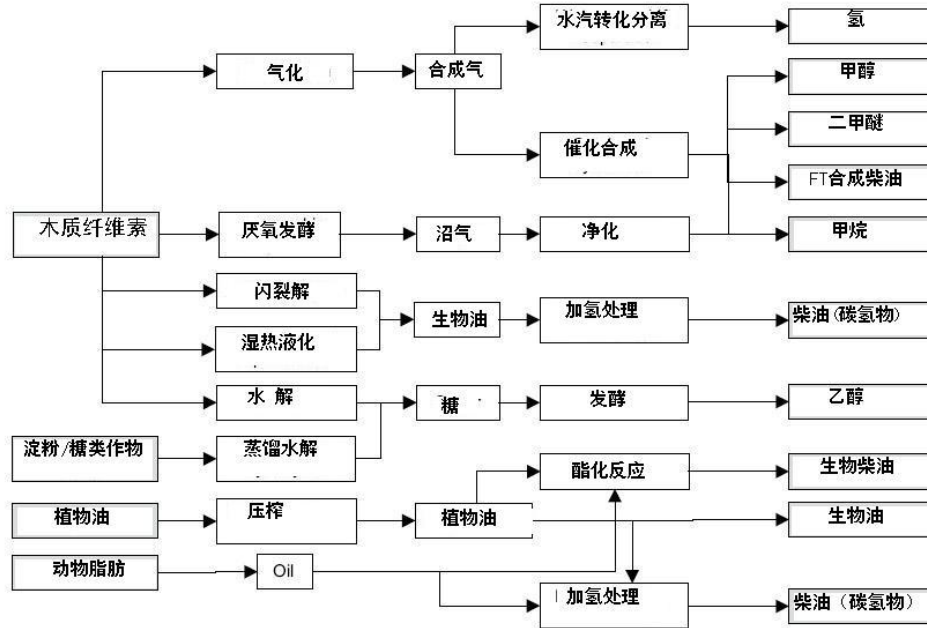
## （二）生产应用技术路线和经济竞争力

生物液体燃料具有非常多样的原料资源、生产技术路线和产品。根据生物液体燃料的生产技术，生物质资源可分为木质纤维素、淀粉和糖、动植物及微生物油脂等。在可预见期内，主要的生物燃料产品主要是燃料乙醇、生物柴油（脂肪酸烷基酯）、生物油（生物质热解油）、催化加氢生物柴油（碳氢燃料）、费托生物柴油、生物甲烷、生物甲醇、生物二甲醚、生物氢等（见图1）。鉴于前述原因，本报告只讨论与车用发动机兼容、近中期可望实现商业化生产应用的生物液体燃料。目前，以粮糖油为原料的燃料乙醇和生物柴油已总体上具备一定的经济竞争力，进入商业化阶段，而其它种类生物液体燃料的生产技术还不成熟、生产成本还显著高于汽油柴油等石油燃料，预计在中远期才能具备经济竞争力（见图2）。

### 1、传统生物液体燃料

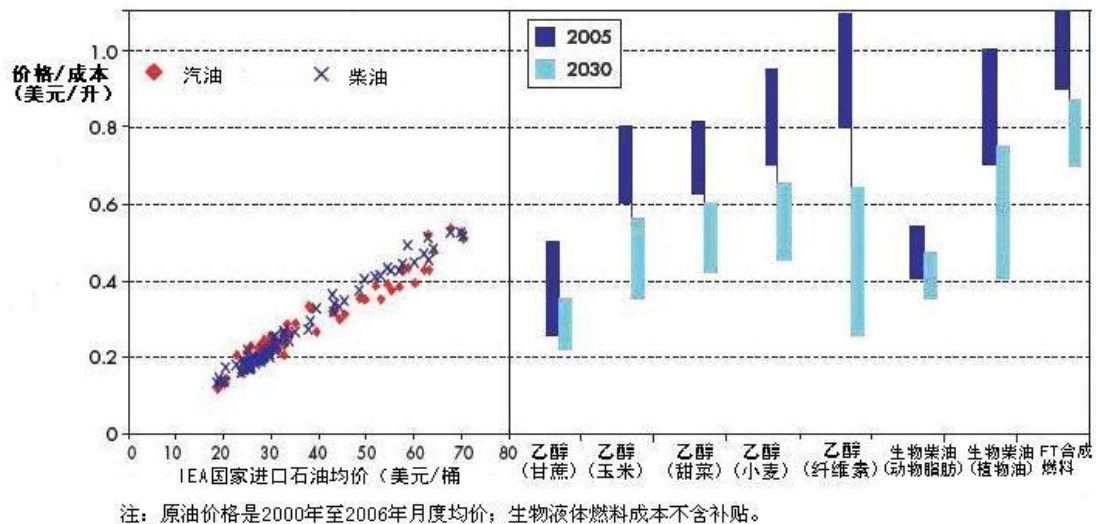
从国际上看，以甘蔗、玉米、薯类等糖和淀粉为原料的燃料乙醇生产技术具有长期的工业化应用经验，以油脂为原料的生物柴油生产技术也有十几年的应用历史，都比较成熟，产品与现有车用燃料（汽油/柴油）及发动机具有良好兼容性，已经实现了商业化、大规模的生产应用，主要通过掺混汽油和柴油用作车用燃料，通常称为传统生物液体燃料（或第一代生物液体燃料）。

图 1 利用生物质资源生产液体燃料的技术路线



资料来源：IPCC 第三工作组, 2007

图 2 生物液体燃料生产成本及与石油燃料的比较



资料来源：IEA, WEO2006

传统生物液体燃料生产成本的 80% 为原料成本，因而其成本和经济竞争力在很大程度上取决于原料种类、生产区域和气候条件。目前，具有优越气候条件和高原料单产的热带地区/国家拥有较低的生产成本，例如巴西利用甘蔗生产的燃

料乙醇和东南亚国家利用棕榈油生产的生物柴油。目前巴西利用甘蔗生产乙醇的成本最低，约为 0.2 美元/升（折合 0.3 美元/升当量汽油），在石油价格为 40~50 美元时即能够与汽油相竞争。巴西之外的世界上大部分国家的传统生物液体燃料的生产成本还明显高于汽油和柴油等传统石油燃料。例如，美国和欧洲国家分别用玉米和小麦生产燃料乙醇，平均生产成本分别约为 0.3 美元/升和 0.55 美元/升（考虑补贴），只有在 70~100 美元/桶的国际油价下才具备经济竞争力；生物柴油在美国（大豆原料）和欧洲（油菜籽原料）的生产成本分别约为 0.5 和 0.6 美元/升柴油当量，当国际油价在 80 美元/桶时才具有竞争力。有关研究显示了更保守的成本和经济竞争力，欧盟地区传统的（以菜籽油等为原料的）生物柴油和（以甜菜等为原料）燃料乙醇分别在国际原油价格为 60~76 欧元/桶（合 90~114 美元/桶）和 63~85 欧元/桶（95~127 美元/桶）时能够与汽/柴油相持平。

在过去数十年中，生产技术工艺和规模经济效益的持续改进曾经有效地推动了传统生物液体燃料生产成本的显著下降。通过提高规模经济和原料作物单产量、继续改进技术工艺，传统生物液体燃料还具有进一步降低成本的空间，预计 2030 年之前可进一步降低 30%。但是，近年来国际油价不断冲高，最高接近 150 美元/桶，使得原油与玉米价格比在 2004 年后快速攀升，导致以玉米为原料的燃料乙醇的经济竞争力迅速增强。但随着粮食价格自 2006 年 9 月以来的快速增加，传统生物液体燃料的竞争力明显削弱。

## 2、第二代生物液体燃料

近年来，国际生物液体燃料技术和产业正在酝酿升级转型，积极转向非粮原料，大力发展以纤维素类生物质为原料的新型醇类和合成燃料，并积极探索生物液体燃料与化工产品、热力和电力产品的多联产技术，为生物液体燃料的扩大生产应用开辟了广阔道路。以地球上丰富的纤维素生物质为原料，可通过多样、多层次的加工转换技术生产多种生物液体燃料，例如燃料乙醇、生物油（biooil）、合成柴油（碳氢燃料）、合成汽油、甲醇、二甲醚、氢燃料等。另外，近年来一些新的原料、技术、产品和产业模式也引起了重视，例如利用高产富油微藻生产生物柴油、发展具有更优良燃料性能的丁醇燃料、优化整合多种生产工艺和产品实现生物精炼（biorefinery）等。这些生物液体燃料技术虽然尚未成熟，但由于比传统的燃料乙醇和生物柴油具有更广阔的资源基础和更优良的燃料性能，近年来已成为生物液体燃料产业发展的新热点和长期战略方向，通常被称为新型生物液体燃料（或第二代生物液体燃料）。最新进展显示，第二代生物液体燃料技术中发展较快、发展前景最广阔的主要是纤维素乙醇、生物费托合成燃料、以及综合各种技术的生物质精炼厂。近年来，生物丁醇、加氢生物柴油和微藻生物柴油燃料也得到一些企业和研究机构的重视。

纤维素乙醇是近期最受关注的生物液体燃料技术方向。近年来，国际社会——特别是美国等发达国家——尤其重视发展纤维素生物液体燃料，已取得积极

进展。据报道，美国国家可再生能源实验室（NREL）以玉米秸秆生产乙醇的原料单耗降到了 3.75t 原料/t 乙醇。2007 年美国能源部（DOE）计划支持新建 6 个商业化燃料乙醇精炼厂，发展以纤维素为原料生产燃料乙醇的商业化技术。全球首家生产销售纤维素乙醇的加拿大 Iogen 公司，在政府支持下计划于 2011 年建成年产 7 万吨纤维素乙醇的工业化项目。但是，纤维素乙醇技术的工业化、商业化应用目前仍面临障碍，主要是纤维素原料转换复杂、固定投资成本高、纤维素酶成本高、原料利用率（难以利用半纤维素和木质素，原料利用率只有 40%）和乙醇产出率低，仍有待于开发低成本高效的纤维素原料预处理技术、纤维素酶、全规模生产装置、以及系列化产品，以降低投资和运行成本、提高原料利用率和总体经济效益。因此，纤维素乙醇何时能够实现商业化仍存在很大不确定性，一般预期在未来 5~15 年内实现商业化。

费托合成柴油是一种成熟的技术，目前在煤制油（CTL）和气制油（GTL）领域实现商业化应用。以纤维素类生物质为原料的生物费托合成柴油（或称为 BTL）技术和产品特性与已实现商业化的煤制油（CTL）和气制油（GTL）十分相似，是一种具有较好工业基础和发展前途的技术方向。德国作为煤制油（CTL）技术的发源地，在生物质合成柴油领域也处于全球领先地位。德国科林公司（CHOREN）于 2008 年初建成了年产 1.5 万吨生物费托合成柴油（称为 Sunfuel）的全球首个工业应用示范工厂，并计划在 2015 年前建设若干更大规模的工业化项目。

生物精炼技术是生物质能的资源综合利用技术，即通过利用多种生物质原料、整合复杂的原料加工转换工艺、引入供热和热电联产等高效能源利用技术，同时生产生物燃料、高价值化工品、热和电力等，被视为生物液体燃料产业的根本发展方向。目前，国际上正在积极开展各种生物精炼技术和工厂方案的研究试验。值得指出的是，生物炼制和石油炼制类似，但鉴于生物原料的多样性及农业特点，将包括宏观层次上的农业系统、工业系统和环境系统之间的整合。

另外，丁醇燃料的原料与生产技术类似于燃料乙醇，产品具有热值高、兼容性好等优点，主要研制企业是英国石油公司（BP）。据称，BP 公司计划于 2009 年把原拟建的燃料乙醇工厂改建为丁醇燃料工厂，产能为 32 万吨/年。加氢生物柴油（Hydrogenation-Derived Renewable Diesel）是以动植物油脂为原料进行催化加氢的生物燃料产品，可以利用现有石油炼化装置进行生产，可以更好与普通柴油燃料掺混使用，主要研制企业包括芬兰的 Neste Oil 公司、美国的康菲公司（ConocoPhillips）和巴西石油公司（Petrobras）。据称，芬兰 Neste Oil 公司将在 2008 年建成第 2 个产能为 34 万吨/年的工厂，巴西石油公司（Petrobras）计划在 2012 年建成 5 个工厂和 85 万吨/年的总产能。加氢生物柴油普遍被视为第二代生物液体燃料，但由于仍将主要依赖比较稀缺的油脂原料，在长期过程中可视为过渡和补充作用的 1.5 代生物液体燃料。培养富油微藻生产生物柴油也是一种具有

前途的生物液体燃料技术。美国国家可再生能源实验室在 20 世纪 80 年代开展的微藻研究显示，藻类生物柴油的产量可高达 140 吨/公顷，是目前小桐子生物柴油产量的 10~100 倍。近年美国能源部恢复了对藻类生物柴油研究支持，壳牌公司（Shell）计划 2009 年在美国建成占地 2.5 公顷的藻类生物柴油试验项目。

目前仍然处于技术研发和项目示范阶段的第二代生物液体燃料成本仍然较高，纤维素乙醇和费托柴油的生产成本目前约为 1 美元/升汽油当量，显著高于传统石油基燃料和传统生物液体燃料。通过改进原料处理技术、应用气化和热电联产技术提高资源利用率和总体能效、提高项目规模经济性，预计未来 10~20 年内纤维素乙醇的生产成本在可下降到 0.25 美元/升（0.4 美元/升汽油当量），费托柴油的生产成本可下降到 0.7~0.8 美元/升。近年来，国际上对纤维素乙醇的成本下降速度显示了更加乐观态度。据称，Genencor International 和 Novozymes APS 这两家著名酶制剂公司的玉米秸秆产乙醇用酶成本从 2001 年的 5 美元/加仑乙醇（合 1.3 美元/升）降低到 2005 年的 10~18 美分/加仑乙醇（合 2.6~4.6 美分/升），已使得纤维素乙醇的生产成本降低至约 1.5 美元/加仑（0.39 美元/升），在近期高油价下已基本具备竞争力。相关测算显示（NREL,2005），在近期以玉米秸秆为原料、年产 20 万吨纤维素乙醇的生物精炼厂的生产成本可以降到约 1.07 美元/加仑（约 0.27 美元/升），而远期以林木为原料、年产 90 万吨纤维素乙醇的生物精炼厂的生产成本可降到 0.51 美元/加仑（约 0.13 美元/升）。据此，美国能源部提出了 2012 年把纤维素乙醇的成本降低到 1.07 美元/加仑（约 0.27 美元/升）的研发目标。生物质费托合成燃料技术具有投资成本高的缺点，使得其生产成本较高。对于微藻生物柴油，美国预期可把生产成本降低到 2 美元/加仑（0.52 美元/升）。但是，由于目前尚未建成满足工业化要求的完整规模装置投入实际运行，纤维素乙醇、生物质费托合成燃料和微藻生物柴油何时能够真正实现商业化存在很大的不确定性。不过，随着近两年国际原油价格的迅速攀升至 130 美元/桶以上，在理论上现在已经使纤维素乙醇和费托合成柴油具有了经济竞争力。如果国际原油价格持续高位运行，必将使得第二代生物液体燃料吸引更多投资、早日实现更大技术突破和商业化，为生物液体燃料的扩大生产应用开辟了广阔道路。

### （三）能源产出效益和温室气体排放影响

自 20 世纪 80 年代以来，国际社会十分关注生物液体燃料在整个生产使用过程中的能源产出效益，即最终生物液体燃料产品所提供的能量是否超过其原料及产品的生产、转换和运输整个过程中的化石能源投入（两者的比值称为化石能源平衡系数）。20 世纪 90 年代以来，随着气候变化问题的日益升温，国际社会也高度关注生物燃料生产使用全过程的温室气体排放影响，即在整個生产使用过程中是否减少了温室气体排放量。这个问题既涉及前一个问题中的化石能源消费引起的二氧化碳排放，还涉及到非化石能源使用引起的温室气体排放，如土地利用变化、森林破坏、作物生产过程（如大豆）中导致的二氧化碳、甲烷、N<sub>2</sub>O 等温

室气体排放量的变化。

目前，国际上普遍利用生命周期分析（LCA）方法研究评价生物液体燃料的能源效益和温室气体排放影响。虽然仍然存在一些争议，但国际上近年来对生物液体燃料能源效益和温室气体排放影响评价研究结果总体上趋于一致，认为绝大部分生物液体燃料产品都具有一定的替代化石燃料和减排温室气体效益，但采用不同原料和生产技术路线的生物液体燃料品的化石能源平衡系数和温室气体减排率存在很大差异（见表3）。

利用粮糖油原料的大部分传统生物液体燃料产品的化石能源平衡系数大约为 1~2，温室气体减排率大约为 12%~70%。其中，玉米乙醇的能源产出和温室气体减排效益最差，化石能源平衡系数约为 1.03~1.67，温室气体减排率约为 12%~32%。在传统生物液体燃料中，甘蔗乙醇具有最为突出的能源产出和温室气体减排效益，化石能源平衡系数约为 3.14~8，温室气体减排率约为 67%~75%。

表 3 主要生物液体燃料的能量和环境效益

	原料	单产 (L/hm <sup>2</sup> )	单位能量产 出(toe/hm <sup>2</sup> )	化石能源 平衡系数	温室气体减 排率(%)	LCA 单位 能量产出 (toe/hm <sup>2</sup> )	LCA 单位 减排量 (tCO <sub>2</sub> /hm <sup>2</sup> )
乙醇	玉米	3000	1.75	1.03~1.67	12~32	0.05~0.70	0.76~2.02
	甘蔗	6000	3.5	3.14~8	67~75	2.38~3.06	8.48~9.49
	甜菜	5000	2.9	1.25~2	31	0.58~1.46	3.27
	小麦	2500	1.46	1.35~2	45	0.38~0.73	2.37
	木薯	4000	2.34	1.6	-	0.87	-
	纤维素	7260	4.24	2~36	70~110	2.12~4.11	10.73~16.85
生物柴 油	大豆	500	0.39	1.93~3.67	41	0.19~0.29	0.44
	油菜	1100	0.87	2.23~2.5	68	0.48~0.52	1.58
	棕榈油	4500	3.6	9	60~90	3.17	5.69~8.54
	微藻	超过 10000	7.9	-	90~110	-	超过 20
加氢生 物柴油	棕榈油	4500	3.96	7	50~80	3.05	4.74~7.59
费托合 成柴油	灌木林	4000	3.52	2 ~5	50~80	1.58~2.53	4.22~6.75

资料来源：整理自：Worldwatch Institute,2006; Convention on Biodiversity, 2007; U.S. National Renewable Energy Laboratory, 2007; Michele Rubino,2008, CAE, 2007

相对于甘蔗乙醇以外的大部分传统生物液体燃料，第二代生物液体燃料都具有非常明显的节能减排效益。例如纤维素乙醇和生物质费托合成柴油的化石能源平衡系数大约为 2~5（甚至高达 36），温室气体减排率超过 50%，甚至通过能源植物的碳汇作用而达到 110%。藻类生物柴油的温室气体减排率预计也高达 90~110%，约为甘蔗乙醇和纤维素乙醇的 20%。



从单位面积土地减排量来看,每公顷土地所产玉米乙醇的净能源产出和温室气体减排量也最低,分别为 0.05~0.7 吨油当量和 0.76~2.02 吨二氧化碳当量,仅为甘蔗乙醇和第二代生物液体燃料 20%左右。值得特别指出的是,甘蔗乙醇的所有能源产出和温室气体减排效益指标都远高于所有其它传统生物液体燃料,接近甚至超过未来第二代生物液体燃料。

但是,上述积极的化石能源替代和减排温室气体效益的前提,包括在生产过程中采用清洁低碳燃料、不产生土地利用变化引起的温室气体排放,否则许多生物液体燃料的化石能源平衡系数和温室气体减排率将大幅下降,甚至导致增加温室气体排放。研究显示,以煤炭为主要燃料的湿法玉米乙醇工厂的产品则可能增加 4%的温室气体排放(US EPA,2007)。如果生物液体燃料原料生产过程中导致土地利用变化、破坏原有植被和土壤,则可能引起长期大量的碳泄露,这也是近年来生物液体燃料的温室气体排放影响的最主要争论焦点。有关研究(IPCC, 2007)指出,科学合理地开展管理荒地和贫瘠土地将能够与减排温室气体实现协同效益,但是把自然草地和林地转换为耕地则将使得土壤中 GHG 排放水平高达 18tCO<sub>2</sub> 当量/公顷年(高于前述所有生物燃料的单位面积减排量),需要 20 年才能达到新的平衡。以巴西为例,改造牧地发展甘蔗乙醇的碳回收期是 4 年,但如果进而导致牧地占用森林,则碳回收期可能需要长达 46 年。

#### (四) 资源条件和发展潜力

全球生物液体燃料的长远发展潜力从根本上最终取决于以可持续方式生产利用的生物质资源量。联合国粮农组织(FAO)和国际应用系统分析研究所(IIASA)于 2000 年对全球农业利用前景评估结果显示,全球可用于发展能源植物的土地资源上限约为 4.4 亿公顷,可年产 110EJ 的生物质资源量(约 26.3 亿 toe),加上农林牧业和其它有机废弃物,总计可年产 245EJ 的生物质能资源量(约 58.7 亿 toe)。其它大部分研究结果显示,全球生物质能资源潜力大约为 200~500EJ(约 48~120 亿 toe)。(见表 4)

按照 FAO 和 IIASA 的研究显示的 110EJ 的生物质资源量(约 26.3 亿 toe)、50%的利用率和 35%的转化率计算,估计 2050 年全球生物液体燃料生产潜力可达 42.8EJ/年(相当于 10 亿 toe),其中 11%来自传统生物液体燃料,13%来自第二代生物液体燃料,预计届时可满足全球液体燃料需求的 25%。如果按平均全生命周期 GHG 减排率为 50%的话,具有年减排 18 亿吨二氧化碳的潜力。

美国能源部和农业部 2005 年完成的“10 亿吨生物质资源研究”显示,利用农林废弃物及能源植物等多种原料,其未来(2030 年)可持续生物质资源潜力能够达到 13 亿吨实物量,能够替代目前 30%的石油消费,而不影响粮食、饲料和出口需求。

欧盟地区相关研究显示(EC, 2006),2030 年欧盟的生物质能资源潜力可达到 3.16 亿 toe,利用生物液体燃料满足 25%的 2030 年欧盟道路交通燃料需求(约

3.6 亿 toe) 是现实可行的。

表4 全球生物质能资源潜力

研究机构和专家	能源植物	其它废弃物	总计	
	EJ/年	EJ/年	EJ/年	亿toe/年
Richard Doornbosch和 Ronald Steenblik(2007)	110	135	245	59
IEA(2006)			250~500	60~119
Fischer和 Schrattenholzer(2001)	240~320	130	370~450	88~107
Hoogwijk et al(2003)	0~1054	33~76	33~1130	8~270
Moreira(2002)	1301	N/A		
世界能源评估报告 (2000)	226~396	>6	232~402	55~96
Yamamoto et al.(2001)	110	72	182	44

资料来源: Richard Doornbosch 和 Ronald Steenblik , 2007

巴西拥有极为优越的土地条件, 可耕地面积达到 3.4 亿公顷, 占全国 8.5 亿公顷土地的 40%。巴西 2007 年用于生产燃料乙醇的甘蔗种植面积约 340 万公顷, 仅占全部 3.4 亿公顷可耕地和 6310 万公顷已耕地的 1%和 5.4%。巴西圣保罗州甘蔗产业协会预测, 巴西在未来 15 年内将新开发 2000 万公顷土地用于种植甘蔗, 如果 1400 万公顷甘蔗用于生产乙醇, 可新增 800 亿升 (约 6000 万吨) 乙醇, 是目前产量的 4 倍。

#### (五) 小结

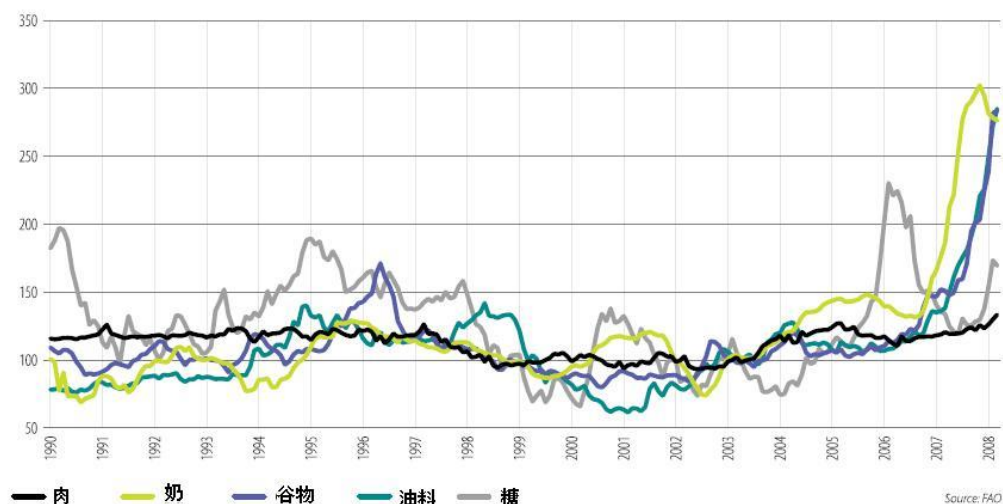
综上所述, 生物液体燃料是可预见期内最现实可行的道路交通部门清洁替代燃料技术。目前, 以粮糖油为原料的传统生物液体燃料已基本具备竞争力并实现商业化, 第二代生物液体燃料技术已进入工业应用示范阶段, 经济竞争力和商业化前景随着近年来国际原油市场价格的高涨而显著提升。通过开发利用本地区的传统和第二代生物液体燃料, 全球和美国、欧盟和巴西等主要国家在中远期均可以满足 20%以上的交通燃料需求。从能源产出和温室气体减排效益看, 甘蔗乙醇和第二代生物液体燃料的化石燃料替代和温室气体减排效益远高于其他传统生物液体燃料。因此, 生物液体燃料产业向第二代生物液体燃料的升级转型已经具备初步条件, 也是未来根本发展方向。在向第二代生物液体燃料转型升级过程中, 应重点发展以废弃生物质资源、以及在退化土地和缺乏植被地区上种植的能源植物为原料的纤维素乙醇和费托合成柴油生产生物柴油, 并加快探索藻类生物柴油的工业化应用, 从而实现较高温室气体减排效益, 减少间接碳排放风险。

### 五、粮食安全和农业经济: 谁影响粮食安全? 发展了谁的农业经济?

### （一）生物液体燃料的粮食安全影响

2006 年以来，全球农产品和粮食价格持续上升。2008 年后，各类农产品价格甚至加速上涨，使得前几个月粮农组织的食品价格指数比去年同期增加了 53%，其中-植物油和谷物的价格涨幅分别高达 97% 和 87%（见图 3）。

图 3 联合国粮农组织基本食物价格指数（1998~2000=100）



资料来源：FAO，2008

快速扩张的生物液体燃料产业被认为是导致全球粮食价格上升的重要原因，但是联合国粮农组织（FAO）等许多国际组织及很多研究机构都表示，近期国际市场中高涨的农产品价格的全球性上涨既不是由单一因素、也不是偶然因素所导致的，是一系列复杂长期因素造成的。

具体地，近年来农产品供给紧张和价格上涨主要源自如下几方面因素：首先，由于不利气候原因，2005 年和 2006 年主要粮食出口国的粮食产量分别降低 3% 和 7%，澳大利亚和加拿大产量一共降低了约五分之一；即使 2007 年谷物产量，特别是美国玉米产量显著增加，但这是由于高价格吸引更多种植面积实现的，而且降低了油料等作物的种植面积；其次，由于需求增速超过供给以及世贸组织乌拉圭回合谈判以来的新政策市场环境，全球粮食库存自 1996 年以来年均下降 3.4%，在 2008 年的库存消费比预计下降到 18.8%，为 25 年来最低点；第三，能源价格自 2003 年以来持续快速攀升，使得农业的化肥和运输成本也上升（2008 年前两个月即同比增加 100% 以上）。最后，一些工业化国家（主要是美国和欧盟）近年来大力推动生产使用生物液体燃料，成为拉动农产品（特别是玉米、菜籽油和大豆）需求和价格的最新动力。

虽然生物液体燃料仅是近两年全球农产品和食物价格暴涨的多种推高因素之一，但是随着全球生产应用规模在过去数年及近中期的持续扩大，生物液体燃

料产业已明显改变了农产品市场结构,成为加剧农产品市场供需紧张和价格攀升的实质性推动力,已经并将继续对粮食供需形势产生直接、现实、显著的影响。2002年全球燃料乙醇业(主要是美国)的年玉米消耗量仅比从1980年增加了2400万吨,仅占同期总新增消耗量的7%;但2007年美国乙醇业的玉米用量已比2002年新增5300万吨,达到8500万吨(占当年美国全部玉米总产量的25%),占同期新增谷物和粗粮需求的30%。在占用耕地方面,2007年全球生物液体燃料原料生产所占的耕地面积比2004年新增1100万公顷,达到2100万公顷(占到2007年全球总耕地面积的1.3%),占同期全球耕地总新增量的24%。按照美国《能源独立与安全法案2007》规定的生物燃料用量,未来数年将是美国生产乙醇的玉米用量快速增长时期。美国乙醇业预计在2008年将消耗美国玉米产量的30%、全球玉米产量的12%。2007年美国生产5亿加仑生物柴油,消耗了美国大大豆产量的12%和全球大豆产量的4%(NBB,2008)。而且,生物液体燃料产业还将影响农业种植结构,2007年玉米价格上涨,吸引美国增加了17%的玉米种植面积,但减少了大豆种植面积,从而推高大豆价格。虽然美国农业部预测其玉米等农产品产量和出口会增加(例如,2008年预测美国玉米出口量可望在今后10年内维持在6000万吨左右,占全球玉米贸易量的60%),但在规定燃料使用量和产量低于预期情况下,美国最有可能减少的就是玉米出口。生物柴油业也消耗了欧盟地区60%的菜籽油产量,占全球产量的25%。

从长期看来,生物液体燃料产业如果继续依赖传统粮糖油原料,必将加剧未来粮食供需压力。目前全球仍有8亿多人缺乏粮食安全,而且2000-2030年之间全球谷物和肉类产量必须分别增长约50%和85%(WB,2007),而以粮食为主要原料的生物液体燃料产业将加剧需求压力。美国2008年发布的《2017年农业展望》预计,美国乙醇产量在2017年左右达到140加仑/年时(十分接近于《能源安全与独立法案2007》规定的2015年150亿加仑玉米乙醇使用量上限),将影响国内种植结构,增加玉米种植面积,降低大豆种植面积,并在近期数年内导致饲料价格上升和肉类产量下降。据预测,如果只考虑美国和欧盟在2007年以前的生物液体燃料目标和政策,2007~2016年全球谷物需求增加约16%(其中玉米增加20%),植物油需求增加30%(OECD/FAO,2007),为此需要2020年左右全球主要农作物种植面积将增长超过10%,届时全球用于生产生物燃料的作物种植面积达到3500万公顷(OECD/FAO,2007)。但如果要实现欧美在2007年提出的最新生物燃料发展目标,则2020年谷物和植物油产量、农作物种植面积需要再增加5%以上,2020年左右用于生产生物液体燃料的农作物种植面积将增加到6000万公顷,新增面积占同期总新增耕地需求的60~70%(MNP,2008)。

普遍预计,生物液体燃料对农产品供需形势的压力将传导到全球农产品市场,明显改变市场格局、推高国际农产品市场价格。有关研究机构对近期欧美实施生物液体燃料计划目标的影响评估显示,如果欧盟实施2010年生物燃料比重

达到 5.75% 目标、美国在新目标激励下快速增加玉米乙醇生产使用量（假定达到 134 亿加仑，高于现状但略低于美国最高 150 亿加仑的玉米乙醇使用量限额），则欧盟、美国的农产品市场将会发生结构性变化，即显著增加各自生物液体燃料的产量和国内消费量（美国为玉米粗粮；欧盟主要是油料），但减少其它农产品（包括畜禽肉类产品）的产量和所有农产品的出口量；受之影响，农业大国和农产品出口大国巴西将增加粗粮、油料的产量和出口（见表 5）。

表 5 2010 年美国 and 欧盟生物液体燃料目标对主要农产品市场格局影响（%）

	美国			欧盟			巴西		
	总产量	自用	出口	总产量	自用	出口	总产量	自用	出口
粗粮	13.8	24.6	-10.7	3.6	4.8	-1.2	6.5	-1.3	7.7
其它谷物	-12.5	-1.8	-10.7	-10.8	-4.7	-6	-6.2	-6.2	0
油料	-4.5	-1.7	-2.8	26.4	38.4	-12	16.1	-0.7	16.8
甘蔗	-4.2	-4.2	0	-3.3	-3.3	0	3.7	3.7	0
畜禽肉类	-5.1	-4.2	-0.8	-3.2	-2.7	-0.5	-2.9	-2.9	0
其它农产品	-1.3	-1.4	0.1	-1.6	-1.3	-0.3	-2.5	-1.2	-1.3

资料来源：Dileep K. Birur 等，2007

关于欧美生物液体燃料项目对国际农产品市场价格的影响，许多研究结果都显示，大规模扩大传统生物液体燃料产量将不同程度地推高各类粮糖油农产品价格。按照不同的假设并针对不同原料，价格上涨幅度最低为 2%，大部分为 20%~70% 左右，最高甚至达到 135%。特别是，当美国、欧盟、巴西、中国、印度等大国都按近期提出的目标明显提高传统生物液体燃料使用量在道路交通燃料中的比例时，将全面推高谷物（玉米、小麦）、油料和糖的价格，涨幅为 25%~135%（见表 6）。2007 年经合组织/粮农组织对今后十年的国际农产品市场预测<sup>1</sup>显示，国际农产品市场价格将长期维持高位；相比于 2005~2006 年平均价格，2016 年玉米价格将上涨 15%，油料种子价格将上涨 33%，植物油价格将上涨 51%，糖价也将上涨 11%（见图 4）。总的看来，在未来几年里，生物液体燃料产业将与其它因素交织在一起推高国际农产品价格。如果未来几年纤维素乙醇和合成燃料等第二代生物液体燃料生产技术得不到突破、更具竞争力的话，欧美国家强制性市场份额目标将使得这一粮价高涨趋势成为现实，严峻挑战全球，特别是粮食净进口国和低收入群体的粮食安全。

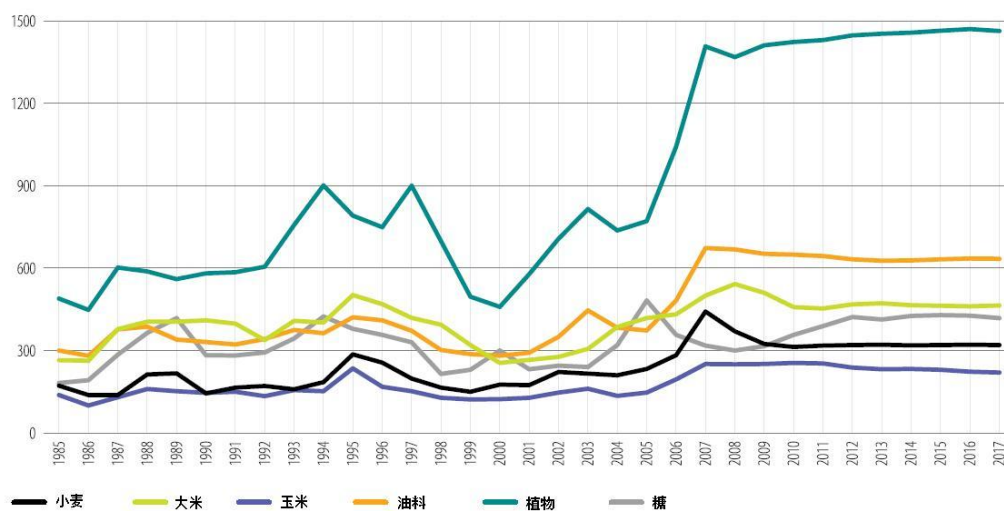
<sup>1</sup> 预测首次考虑到主要国家生物液体燃料产业政策及前景，但尚未纳入美国于 2007 年底通过的《能源独立与政策法案》提出 2015 年生产使用 150 亿加仑玉米乙醇的最新目标

表 6 未来生物液体燃料发展对农产品价格影响预测

研究机构	液体燃料使用量/或比重假设	农产品价格变化预测
欧盟, 2007b	欧盟: 10% (2020 年目标)	谷物: +3~5% 菜籽油: 2~4% 葵花油: +15%
Banse et al.,2008	欧盟: 10% (2020 年目标)	谷物: +6% 油料: +8% 糖: +3%
Elobeid & Hart,2007	美国: 220 亿加仑	玉米: +20% 油料: +9% 小麦: +9%
Msangi et al, 2007	主要依靠传统生物液体燃料	玉米: +26~41% 油料: +45~76% 甘蔗: +49~66% 小麦: +21~30%
经合组织, 2006	美国: 75 亿加仑 (2012 年目标) 欧盟: 5.75% (2010 年目标) 加拿大: 5 亿升	植物油: +20% 糖: +60% 小麦: +4%
国际食物政策研究所 (IFPRI),2006	美国: 4% (2020 年) 欧盟: 10% (2020 年) 巴西: 58% (2020 年) 中国: 8% (2020 年) 印度: 11% (2020 年) 其他:2%	玉米: +41% 油料: +76% 甜菜: +25% 甘蔗: +66% 小麦: +30% 木薯: +135%

资料来源: MNP,2008; IFPRI,2006

图 4 经合组织/粮农组织国际农产品价格预测 (2007~2016)



资料来源：FAO，2008

## （二）生物液体燃料产业与农业经济

生物液体燃料产业的影响不仅限于农产品市场供需形势和价格。事实证明，生物液体燃料产业长期有效地建立了新增的、巨大的、易控的农产品需求，成为拉动农业大国农业部门经济的重要途径和手段。如前所述，美国和巴西在上世纪 80 年代初、欧盟在上世纪 90 年代初正式推动生产应用生物液体燃料时就把它与拉动和调控农业生产联系在一起，美国在关于制定实施再生燃料标准计划（RFS）时也明确指出希望通过该项计划为美国的玉米和大豆等农产品扩大市场。近年来燃料乙醇业日益增加的玉米和甘蔗消耗量、以及持续攀升的农产品价格，对美国、巴西等农业大国和农产品出口大国而言绝非威胁，而已经成了农业经济的重要手段。

据美国环保署预测，再生燃料标准计划（RFS）的制定实施将使美国农民在 2012 年直接增收 26~54 亿美元。据美国农业部在 2008 年初《农业贸易展望》和《2017 年农业预测》，美国农产品全部出口量接近历史最高值 5000 万吨（主要是小麦和玉米），在国际农产品价格高涨的情况下，出口值从 2003 年的 560 亿美元增加到 2007 年的 820 亿美元，2008 年预计达到 1010 亿美元。其中，预计 2008 年美国玉米出口量和出口值预计分别比 2007 年增加 14% 和 39%，使得出口值达到 124 亿美元；大豆出口量同期降低 10%，但出口值反而增加 40%，达到 119 亿美元（见表 7）。也就是说，美国农业经济显著获益于高涨的国际农产品价格。从长期看，美国的玉米乙醇业极大地影响了玉米的生产与贸易，既可以为美国的玉米种植户提供了稳定的销路，减少了农产品剩余，提高了农产品价格，提高了农民收入，又可以充分利用内需调节出口，掌握了玉米贸易的主动权，从而增加了发展和管理调控农业的有效途径。在欧盟，生物液体燃料产业与共同农业政策（CAP）和休耕地（set-aside land）政策具有密切联系，成为调控本地区农业和农产品市场的重要途径。1993 年后，欧盟为限制谷物生产，要求一定比例的耕

地作为休耕地不得生产粮食（谷物），但可以生产非粮食或饲料农产品，例如用于生产生物柴油的菜籽油。2000年欧盟15国的休耕地比例设定为10%。到2005年欧盟15国约有560万公顷耕地作为休耕地，其中100万公顷用作生产生物燃料作物，主要分布在德国，使得德国成为欧盟最大的生物柴油生产国。2007年以来，随着粮食价格的逐步高涨，欧盟把不得种植粮食的休耕地所占耕地的比例降低到了零（即不再强迫改种能源作物），预计使160~270万公顷现有休耕地恢复粮食生产，将对稳定本地区粮食供应起到积极作用。巴西是全球产糖大国，而且大部分甘蔗加工厂可同时生产乙醇和蔗糖。巴西政府在1998/9年以来取消对蔗糖生产和出口的直接控制后，保留了车用汽油乙醇掺混比例控制权，可每年根据糖和乙醇市场情况调整汽油中掺混乙醇的比例，成为调控糖市场的有效手段。随着乙醇产用量占甘蔗用途比例的上升，巴西等国家对国内和国际糖市场的影响将进一步增强。

表7 美国玉米和大豆出口（2007-2008）

		2007	2008	变化率
玉米	数量(百万吨)	54	62	15%
	价值(亿美元)	89	124	39%
	平均价格(美元/吨)	165	200	21%
大豆	数量(百万吨)	30	27	-10%
	价值(亿美元)	85	119	40%
	平均价格(美元/吨)	283	441	56%

资料来源：USDA ERS,2008

生物液体燃料产业的当前农业经济属性也反映在许多国家对国内农业和生物燃料产业的关税保护政策上。美国目前对（非加勒比海地区）进口的每加仑乙醇征收0.54美元关税；欧盟近期提出降低生物液体燃料的进口关税，虽然得到了葡萄牙、瑞典等国家的支持，但却遭到生物液体燃料生产使用大国德国和法国的反对。

总的来说，近中期生物燃料产业将主要被视为促进农业经济的重要手段，但对不同国家的农业经济和粮食安全影响导致明显差异。传统生物燃料的规模化生产有助于拉动农产品价格、扩大农产品市场，对拉动美国、巴西等拥有优越土地气候资源的国家的农业部门经济具有明显刺激作用，这也正是这些国家长期积极推动生物液体燃料的核心政策目的。而且，生物液体燃料市场已成为农产品出口大国间接影响调控农产品市场的最新核心手段，例如美国对国际谷物市场、巴西对国际糖市场的强烈影响力。有研究指出（IPC，2006），生物液体燃料政策将比多哈回合的农产品贸易自由化谈判对农产品的生产前景更具影响。但是，对于既处于低收入、又没有土地气候条件的广大发展中国家而言，传统生物液体燃料对粮食安全风险将大于农业经济机遇。随着包括农产品和石油在内的国际商品



价格波动加剧、面向发达国家能源市场的生物液体燃料产业的逐步壮大，发展中国家面临的粮食安全和农业经济风险将进一步加大。

## 六、政策走向及全球治理：如何确保生物液体燃料产业促进可持续发展？

### （一）主要国家生物液体燃料产业政策

#### 1、多重目标下的政策体系

长期以来，国家战略和政策在推动规模化生产应用生物液体燃料的过程中发挥了关键作用，也能够在未来发展方向和外部影响上继续发挥主导作用。特别是近十年来，越来越多的国家启动实施了生物液体燃料项目，加大了支持生产和拉动消费的政策扶持力度，从而形成了加快国际生物液体燃料产业发展的核心推动力。随着近年来主要国家迅速扩大生产应用生物液体燃料（主要是美国玉米乙醇、热带地区棕榈油生物柴油、以及巴西甘蔗乙醇），国际上日益担忧生物液体燃料对粮食安全、自然生态的影响，对生物液体燃料产业给予质疑和批评。但是，正如许多研究机构指出的那样，生物液体燃料产业对社会经济和自然生态系统产生积极或消极的、多大程度上的影响，取决于我们采取什么样的发展道路和政策。

目前主要国家已制定了扶持生物液体燃料产业的政策措施，包括鼓励生产应用的财税土地政策，以及最近的拉动市场的市场份额政策，例如美国的再生燃料标准（RFS）。最近，一些国家也开始着手研究制定具有多重目标的一揽子产业扶持和监管政策措施，欧美国家主要是引入温室气体减排指标和调整农业及土地政策，包括中国在内的部分发展中国家国家则禁止使用非粮原料（见表 8）。虽然国际社会尚未就生物液体燃料的合理发展道路和政策达成一致的共识和措施，但呼吁尽快制定更合理的政策目标和政策体系，以正确处理生物燃料产业发展中相关的技术路线、温室气体排放、粮食安全、生态安全、国际贸易等重大问题。

美国和欧盟通过建立强制性市场份额政策，形成需求驱动的产业发展模式，也构成农业和能源政策目标管理的有效途径。美国 2002 年以来的燃料乙醇需求快速增长主要源自 MTBE 禁令和油价高涨，虽然这两者因素随着 MTBE 的逐渐淡出和农产品价格的上涨，这两者驱动力都将减弱，而再生燃料标准制度（RFS）将成为其生物液体燃料产业长期发展的主要推动力。美国《能源展望 2008》在参考情境中预测，通过 RFS 及车用燃料效率政策（CAFE），美国液体燃料的进口依存度将从 2006 年的 60%降低到 2022 年的 51%，但如果没有后续政策将回升到 2030 年的 54%（但仍低于以前预测的 59%）。

表 8 主要国家生物液体燃料政策

国家	生产	消费	环境保护	国际贸易	土地利用	原料限制
美国	税收减免, 赠款或协助贷款	建立 RFS, 减免汽车税和燃料税, 补贴灵活燃料车	引入明确规定玉米乙醇 GHG 减排率不低于 20%, 其它不低于 50%	进口高税率	不得占用生态敏感区和保护区	玉米乙醇使用量在 2015 年达到上限 150 亿加仑
巴西	协助贷款、原料税收优惠, 降低工业税	生物燃料汽车免税, 燃料税减免, 价格控制	N/A	进口征税, 呼吁欧美减免关税、把燃料乙醇作为 WTO 的免税“环境产品”	N/A	无
欧盟	休耕地政策	要求成员国制定财税政策, 考虑建立强制性市场份额政策	拟规定 GHG 减排率不低于 35%, 不得造成新增新占生态敏感区	进口高税率	早期提高、近期降低休耕地比例	无
加拿大	部分省份免除乙醇的道路税	免除乙醇的消费税	N/A	N/A		无
瑞典	新厂税收优惠, 投资赠款	免除消费税	同欧盟	同欧盟	同欧盟	无
法国	税收优惠	免除燃料税, 强制配额	同欧盟	同欧盟	同欧盟	无
德国	投资赠款	减免燃料税	同欧盟	同欧盟	同欧盟	无
英国	投资赠款	再生交通燃料义务 (RTFO), 减免消费税	同欧盟	同欧盟	同欧盟	无
印度	原料补贴, 税收优惠, 贷款协助	减免燃料税, 保障价格	N/A	N/A	N/A	呼吁停止利用粮食
日本	(无, 依赖进口)	无	N/A	探讨进口		无
中国	原料补贴, 税收优惠	免燃料消费税	原则规定不破坏自然生态	无	原则规定不占用耕地	不得使用粮油
泰国	投资激励	减免车辆和燃料税收	N/A	N/A	N/A	N/A

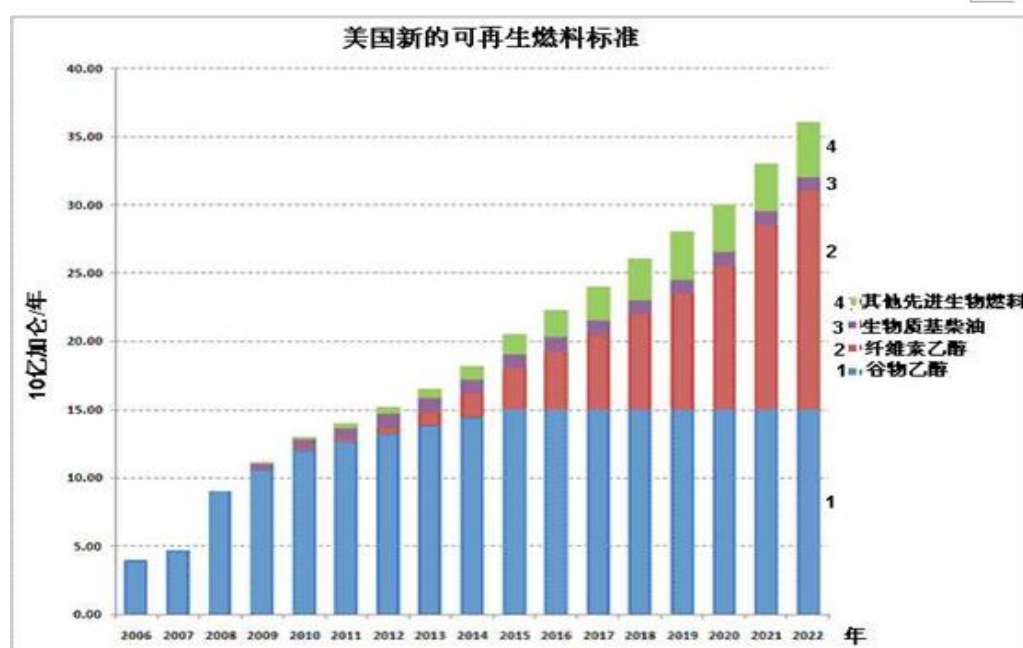
资料来源: 作者整理, 主要整理自 IEA WEO2006

但是，受资源技术条件制约和相关负面影响，强制性市场份额政策的实施前景仍然存在较大不确定性。如前所述，在当前依赖以粮糖油为原料的传统生物液体燃料的情况下，不管美国还是欧盟的快速扩大的生物液体燃料产业都给农产品供应带来了巨大压力、加剧粮食安全压力，欧盟要实现 2020 年目标原料需要近一半依赖进口。其他批评包括：生物液体燃料难以保障 GHG 的有效明显减排、可能出现显著的生态环境（如生物多样性）损失、第二代生物燃料在商业化前景和实际效益（如土地占用和单位面积减排量和）并不乐观，而且还存在其他降低油耗的途径（如提高发动机燃油经济性、混合动力车等），一些机构呼吁欧盟放弃制定实施 10% 的强制性目标政策手段。美国的 RFS 政策也面临同样压力。

## 2、技术政策

虽然美欧国家尚未决定放弃传统生物液体燃料，但在强制性市场份额目标中已特别规定第二代生物液体燃料目标。美国《能源独立和安全法案 2007》要求传统生物液体燃料（特指以玉米淀粉为原料的燃料乙醇）的年使用量逐步至 2015 年的 150 亿加仑（约 4650 万吨）后稳定在该规模上，其余将由“先进生物燃料”提供，包括纤维素燃料、生物基柴油（即以动植物油脂为原料的生物柴油）以及不加单独规定的其它生物燃料。具体地，先进生物燃料使用量要从 2009 年的 6 亿加仑（约 200 万吨，其中 83% 为生物柴油），增加到 2022 年的 210 亿加仑（约 6500 万吨），其中纤维素燃料从 2010 年的 1 亿加仑增加到 2022 年的 160 亿加仑。（见图 5）到 2022 年，纤维素生物燃料占先进燃料的 76%，占全部再生燃料的 44%，略微超过届时玉米乙醇使用量目标。对于 2022 年后，《能源独立和安全法案 2007》则要求再生燃料的比例应不低于 2022 年的水平。

图 5 美国再生燃料标准（RFS）政策对不同生物燃料使用量的规定



在考虑能量密度和全生命周期的能源效率后，美国还规定了传统和第二代生物液体燃料的当量系数，纤维素乙醇的当量系数被设定为玉米乙醇的 2.5 倍。欧盟没有单独规定第二代生物液体燃料的使用量，但是建议在考核各国是否实现生物液体燃料发展目标时，利用非粮食、纤维素和废弃生物质原料的生物液体燃料的贡献应视为传统生物液体燃料的两倍。（见表 9）

表 9 美欧生物燃料强制性市场份额政策中对各类生物液体燃料规定的当量系数

	美国（以体积计）		欧盟（以能量计）	
传统生物液体燃料	传统燃料乙醇（以玉米、淀粉、糖为原料）	1	其它生物液体燃料	1
第二代生物液体燃料	生物柴油	1.5	利用非粮食、纤维素和废弃生物质原料的生物液体燃料	2
	纤维素和废弃物	2.5		
	再生柴油	1.7		
	生物丁醇	1.3		
	再生原油基燃料	1		

资料来源：整理自：美国 EPA 《RFS 实施办法》，2007；欧盟委员会，2008

利用第二代生物液体燃料可望显著缓解对粮食和耕地的依赖。例如，若美国实现其 2022 年发展 210 亿吨加仑先进生物燃料的目标（而不是全部利用玉米生产乙醇），则预计可使全球生物液体燃料的耕地需求可从 6000 万公顷降低到 4400 万公顷。但是由于目前第二代生物液体燃料是否能够快速实现商业化还存在很大不确定性，美国和欧盟的第二代生物液体燃料的强制性使用量目标是否会实现、是否会届时会被迫转向传统生物液体燃料等问题仍引起一些疑虑。

### 3、环境政策

欧盟和美国等少数国家已提出了比较明确的生物燃料产业相关环境政策。具体地，生物液体燃料的生产使用的环境影响主要涉及如下几方面：土地利用、土壤、水、生物多样性、常规污染物排放和温室气体排放等。国际社会对于生物液体燃料的质疑和负面环境影响关切主要集中于是否会确保减排温室气体、是否会破坏自然生态环境，美国和欧盟都主要从两方面做出相关环保规定：一是规定生物液体燃料的最低温室气体减排率，一方面是通过规定不得占用、影响具有生态风险和自然保护价值的土地来确保合格原料来源。美国和欧盟均要求，只有那些符合这些（及其它一些相关）规定的生物液体燃料产品才能视为合格生物液体燃料，从而得以在市场销售使用、满足目标要求、享受补贴等。（见表 10）

关于生物液体燃料在整个生产使用周期中相对于汽油/柴油的温室气体减排率，美国和欧盟均提出了明确的量化底限指标。美国《能源独立和安全法案 2007》规定，自该法律生效后所有新建工厂的生物液体燃料产品的温室气体减排率不得低于 20%，先进生物液体燃料的温室气体减排率不得低于 50%，纤维素生物液

体燃料（主要指纤维素乙醇）的最低温室气体减排率则达到 60%。欧盟委员会会在 2008 年初提交的《关于促进可再生能源利用指令的建议》中提出，所有生物液体燃料的温室气体减排率不得低于 35%，并且对一系列生物液体燃料产品（含不同生产技术路线）列出温室气体减排率参考值。例如，利用玉米为原料的燃料乙醇相对于汽油的温室气体减排率为 49%（但前提是采用天然气热电联产方式的技术方案），以菜子油为原料的生物柴油的默认减排率为 36%；对于以棕榈油为原料的生物柴油，不特别界定情况下的默认减排率只有 16%，但如果在棕榈油压榨厂不排放甲烷，则减排率为 51%。

表10 美国和欧盟生物液体燃料的环保政策

	最低GHG减排率	土地利用（即合格原料来源）
美国	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EISA生效后新建项目产品：20%</li> <li>● 先进生物燃料：50%</li> <li>● 生物基柴油：50%</li> <li>● 纤维素基生物燃料：60%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EISA生效前已曾开垦、种植过的农地和林地</li> <li>● 非生态风险林区</li> <li>● 非自然遗产区</li> </ul>
欧盟	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 所有生物液体燃料：不低于35%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 非原始森林</li> <li>● 非自然保护区</li> <li>● 非生物多样性草地</li> <li>● 非湿地</li> <li>● 非连续林地（连续1公顷以上、覆盖率超过30%、高度超5米的林地）</li> </ul>

资料来源：美国《能源独立和安全法案2007(EISA)》，2007；欧盟委员会关于促进可再生能源利用指令的建议，2008

关于生物液体燃料的原料生产相关的土地利用，欧盟和美国均规定不得占用、破坏各类具有生态风险和自然保护价值的土地，如原始森林、自然保护区、生物多样性草地、湿地等。欧盟甚至提出了具体量化指标，要求不得占用、破坏连续占地 1 公顷以上、覆盖率超过 30%、树高超 5 米的林地。

但是，提高自然生态环境方面的相关准则可能对生物燃料潜力产生重大影响。据研究，全球约有 6 亿公顷天然草地和 4 亿公顷林地可供发展能源植物。假如按照欧盟的可持续准则扣除不宜开发土地，只有 5 亿公顷土地可供开发；如果严格避免开发生物多样性草地，则只剩下有 1 亿公顷土地可供开发(MNP,2008)。

### 3、可持续准则和认证

为应对生物液体燃料生产过程可能导致的负面自然生态环境影响问题，近年来许多国家和社会组织积极研究制定生物液体燃料的可持续生产准则和产品认证制度，主要涉及原料来源、生态环境影响、温室气体排放影响等。国际组织最

早从事可持续生物液体准则和认证的研究制定，已经提出许多对象、范围、指标各不相同的可持续准则。目前可持续棕榈油圆桌会议（RSPO）已制定了世界首个、也是目前唯一的详细能源植物准则和认证体系，预计在 2008 年即授予首个证书。具有强制性要求的可持续准则目前零散见于各国家的相关法规要求和实施规则，虽然形式各不相同。美国、欧盟、荷兰、德国、瑞士、英国等都正积极研究或已初步制定出可持续准则（如前述欧美国家对生物液体燃料的 GHG 减排率和土地利用的要求）和认证制度。美国在再生燃料标准制度（RFS）中对每单位合格生物液体燃料授予再生燃料识别码（RIN），欧盟委员会拟通过生物液体燃料原料的物质平衡审计制度确保生物液体燃料符合可持续要求。虽然强制性生物液体燃料可持续准则和认证制度的应用仍局限于各国内部，但国际社会已开始讨论建立全球性的可持续生物液体燃料准则和认证制度。2007 年，欧洲议会决议要求欧盟委员会建立全面地、强制性的可持续生物燃料证书系统，并与世界贸易组织（WTO）等国际机构协作，从而谋求该准则认证体系在全世界的承认有效，建立全球性公平竞争平台。

总的来看，生物燃料可持续准则和认证体系可能成为一个有益工具，有助于评估生物液体燃料的实际效益、并鼓励先进环保产品，但还需要建立可广泛施行的实施方案。而且，无论将来气候变化政策如何，无论是否采用生命周期评价方法，碳审计等相关制度都是制定实施减缓气候变化和减排温室气体政策必要手段，并将深入到所有重要排放部门和活动，包括生物液体燃料的生产应用。英国有关研究显示，制定实施这套认证体系对消费者的增加成本仅为 0.02 英镑/升生物燃料。但可持续生物燃料认证可能更显著地增加发展中国家的生物燃料成本，在考虑到各种可持续生产准则，巴西和乌克兰能源植物的生产成本分别增加 35~88% 和 10~26%。今后制定实施广泛完善的可持续生物燃料准则和认证系统将是一个繁杂而漫长的任务，须解决与 WTO 规则的兼容性，需建立灵活适用、可测量核实的指标体系。

#### 4、贸易政策

随着全球生物液体燃料产业规模的逐步扩大，全球生物液体燃料市场也将持续增长，但将受到各国农业和贸易政策的影响。2005 年国际燃料乙醇贸易量占全球消费量的 10%，预计 2030 年全球燃料乙醇产量达到 2.14 亿吨，届时美国、欧盟、中国和日本的进口总额约为 3600 万吨（IEA TASK 40, 2006）。欧盟要实现 2020 年 10% 的生物液体燃料使用比例目标，在没有实现商业化、规模化应用第二代生物液体燃料的情况下，预计至少 30% 将依赖进口国外生物液体燃料（例如巴西的甘蔗乙醇）；如果欧盟实现农业自由化改革，则本地生物液体燃料产业即使在高油价下也缺乏市场竞争力，预计进口依赖度将达到 50%，年进口额度达到 70 亿美元。

巴西等热带农业大国预计在未来国际生物液体燃料贸易中成为最重要出口

国，而欧美以及中国等温带地区的能源消费大国将不同程度地依赖进口。如前所述，由于巴西和东南亚国家是甘蔗和棕榈油中种植大国，具有丰富资源和成本低优势，甘蔗乙醇和棕榈油生物柴油的出口前景十分广阔。巴西的燃料乙醇出口呈逐年增加之势，从 2004 年的 150 万吨增加到 2007 年的约 270 万吨，主要出口市场为美国，也正在努力开拓全球市场，预计 2010 年乙醇出口量可达到 560 万吨。有研究预计（F.O.Lichts, 2007），2022 年左右巴西的甘蔗乙醇出口潜力可望达到 2400 万吨/年。棕榈油是未来最具发展前景的生物柴油原料，2005 年全球总出口量达到了 2630 万吨，占世界油脂贸易总量的比重超过 50%。棕榈油的最主要出口国是盛产棕榈油的东南亚国家马来西亚和印尼，这两个国家在 2005 年的棕榈油出口份额分别达到 49% 和 39%。美国、欧洲、日本、澳大利亚等处于温带的主要能源和石油消费大国都将受到资源制约，预计成为传统生物液体燃料的净进口国。

但是目前生物液体燃料尚未形成独立贸易体系，受现有国际贸易制度、各国关税和非关税壁垒的限制。长期以来，燃料乙醇和生物柴油在世界贸易组织（WTO）规则下被视为农产品，生物柴油在 2005 年后视为化工产品。但实际上，当前世贸组织多哈回合谈判停滞的主要症结即在于农业补贴，使得生物燃料的国际贸易也受阻。在美国，玉米乙醇享受联邦政府的补贴为 54 美分/加仑，大约为生产成本的 30~45%，欧盟也对来自巴西等国的乙醇征收 192 欧元/千升（变性乙醇为 102 欧元/千升）的关税。在欧盟，对制糖工厂进行改造从而利用甜菜和玉米生产乙醇的企业可以还通过糖业改革计划享受欧盟补助。

2007 年以来巴西、美国和欧盟等主要国家正探讨建立国际生物燃料市场，启动了市场标准方面的技术准备工作。巴西在甘蔗乙醇领域具有极为明显的资源、技术和成本优势，曾长期努力推动国际甘蔗乙醇贸易，但只有在近两年才得到美国和欧盟的初步响应。2007 年 3 月，美国与巴西签订了《巴美乙醇燃料合作备忘录》，决定携手推动乙醇燃料在国际市场上的销售和使用。虽然普遍认为美国与巴西的合作具有地缘政治因素，但国际乙醇大国巴西和美国主导的未来“乙醇欧佩克”也可望给未来国际能源市场带来了实质性的深远影响，两国政府间协议已经为未来全球乙醇标准的确定打开了大门。2007 年，巴西、中国、欧盟、印度、南非和美国等五国六方成立国际生物燃料论坛（IBF）以促进全球生物燃料的生产应用，巴西、美国政府和欧盟委员会有关标准化主管部门与国际生物燃料论坛（IBF）协作研究制订了国际生物燃料标准白皮书，提请各自及其他国家标准化管理部门参考其建议修改完善各国生物燃料标准，推动建立生物燃料的全球性适用标准和贸易市场。

但是，面向大规模国际生物液体燃料市场的相关贸易问题改革仍然未在政策和商业层面得到解决。在当前世界贸易组织多哈回合谈判中，2007 年 11 月美国和欧盟在巴厘岛气候变化会议前夕的提案中建议对“环境产品和服务（EGS）”

优先进行贸易自由化，提出了包括太阳能电池板、太阳能热水器和风力发电机等的“环境产品和服务”目录。巴西和印度等具有较大生物燃料发展潜力的发展中国家呼吁把乙醇视为环境产品，提议把生物燃料纳入环境产品目录，从而在国际市场中实现享受零/低关税待遇。但是，巴西和印度的该项提议则被欧美所拒绝，反映了欧美对开放本国生物液体燃料市场、进口巴西廉价甘蔗乙醇的消极态度。因此，近期国际燃料乙醇贸易近期局限于双边贸易谈判中，例如巴西欧盟之间。

生物液体燃料国际市场的波动性和风险也不容忽视。由于巴西的大部分甘蔗加工厂可同时生产乙醇和蔗糖，在糖价高涨有可能导致乙醇产量下降。乙醇燃料同样可能因国内经济形势而受到严格市场调控。2006 初，乙醇燃料价格飞涨，巴西政府即下令把乙醇在汽油中的掺混比例从 25%降低到 20%，还警告要严格监管出口、削减出口许可证。

另外，由于近年来国际社会高度关注巴西、东南亚国家迅速扩张的甘蔗乙醇业和棕榈油产业导致的原始森林和生物多样性破坏问题，正在研究制定一系列可持续标准和认证制度，并把纳入国家和世界贸易组织的外贸政策，预计将会对这些潜在出口大国的生物液体燃料出口前景产生重要影响。

总的来说，在欧美等国国家（地区）继续坚持目前以“再生燃料市场份额制度”为核心的需求拉动政策的趋势下，如果未来主要国家农业保护和环境产品贸易制度实现重大改革、农产品和生物液体燃料市场自由化进程取得进展，今后十几年内国际上将形成一个十分可观的生物液体燃料市场，预计主要以巴西、印尼等热带地区的甘蔗燃料乙醇和棕榈油生物柴油为主。但是，国际生物液体燃料市场的形成还有待于技术标准、贸易政策、环保政策等方面的充分准备，而且将来还可能因为与国际原油、粮食、糖和植物油市场的相互影响而出现不可忽视的供应和价格风险。

## 5、小结

国际生物液体燃料相关政策，特别是美国和欧盟采取的比较激进的强制性市场份额制度（RFS），对今后生物燃料热潮延续与否至关重要。目前的问题是，如果欧美坚持强制性市场份额制度，那么是否能够通过多重目标的一揽子生物液体燃料政策措施体系减少和遏制其负面影响，切实促进社会、经济和自然的可持续发展。

### （二）生物液体燃料产业：全球治理的重要交汇点？

随着生物液体燃料产业规模和影响的迅速扩大，如何建立一个切实促进社会经济和自然系统可持续发展的生物液体燃料产业已成为一个全球共同面对的问题。国际社会已开始认真全面地探讨生物液体燃料产业的发展道路，从而使得生物液体燃料产业将成为全球治理的重要交汇点。

#### 1、作为全球治理交汇点的生物液体燃料产业

全球治理，指的是通过具有约束力的国际规制解决全球性、共同性的冲突、



生态、人权、移民、毒品、走私、传染病等问题，以维持正常的国际政治经济秩序，即通过各国政府、国际组织、各国公民为最大限度地增加共同利益而进行的协商与合作，其核心内容是健全和发展一整套维护全人类利益的秩序、规则和制度（俞可平，2003）。20世纪90年代以来，随着冷战的结束和全球化的深入发展，全球治理成为解决国际问题的有益途径和现实选择，具有普遍约束力的国际规章不仅在数量上正在迅速增多，而且其发生效用的范围也在日益扩大。例如，在过去的30年中，关于环境问题的国际规章就从零增加到了近100个。

近年来，随着全球化进程加快，全球治理的范围和机制不断深化扩大，使得各相关领域的问题和手段日益交织在一起。特别在气候变化领域，以联合国气候变化框架公约（UNFCCC）为核心的全球气候变化应对体制，与以世界贸易组织及相关协定为全球贸易体制之间的协调，即被视为推进气候问题的有效手段和发展方向。世界贸易组织于2007年12月在印尼巴厘岛首次参加了与联合国气候变化大会，并举办“贸易部长非正式气候变化对话”探讨了气候变化相关的贸易问题，该项活动即反映了这一趋势。另外，国际社会也开始重视全球气候变化体制与联合国粮农组织（UN FAO）、联合国生物多样性公约（UNCBD）、联合国防治荒漠化公约（UNCCD）等全球治理机制的协调。

生物液体燃料产业正逐步成为全球治理的重要交汇点。生物液体燃料作为以生物质（近中期将依靠粮糖油原料）为原料、与农林业密切联系、涉及广泛长期的土地利用和植被变化、生产使用和贸易量迅速扩大、可望规模化替代石油燃料的新兴技术/产业（而且可望是唯一同时在国际市场上同时实现物质产品与碳信用交易的CDM项目类型），集中反映了能源（石油）安全、气候变化、粮食安全、自然生态保护、国际贸易等全球性重大事务和挑战。随着生物液体燃料的热潮席卷全球、生产应用规模快速扩大，并在上述全球性重大事务和挑战方面逐步产生广泛、深远的影响，国际社会已日益重视在全球范围内、多层次探讨如何以促进可持续发展的方式开发利用生物液体燃料。2005年，由世界主要大国、联合国粮农组织、国际能源机构、联合国贸发会议、发展计划署、环境规划署等组成的全球可持续生物质伙伴关系（GBEP）在联合国可持续委员会14次会议上成立，以广泛有效地推动生物质能的合理开发利用，并于2007年受八国集团峰会委托深入探讨可持续开发利用生物液体燃料。2007年，联合国整合有关组织建立的联合国能源组织（UN ENERGY）发布《可持续生物质：决策者框架》，呼吁在全面评估生物能源影响的基础上，推动实现包括生物液体燃料在内的生物质能源的可持续开发利用。近些年来，许多国家和国际组织已开始制定实施可持续生物燃料准则，以保障可靠的温室气体减排效益、避免生态环境破坏，并把该项准则和认证活动与生物液体燃料的国际贸易和市场应用挂钩。巴西等国家则要求在世界贸易组织多哈回合谈判中把燃料乙醇纳入环境商品和服务目录，从而在国际市场中实现自由贸易而免于关税。进入2008年，最近发生的全球粮食价格上

涨则进一步把生物液体燃料产业推向全球粮食安全问题的漩涡中，使得 2008 年的八国集团（G8）首脑峰会首次把全球粮食安全问题提上议程，把生物燃料与食品贸易、提高农业生产力、全球气候变化对农业的影响等议题放在一起进行讨论。2008 年 5 月，联合国生物多样性公约大会科咨询科技机构在联合国《生物多样性公约》缔约方大会第九次会议上评估了生产应用生物液态燃料对生物多样性的影响，呼吁在该公约框架下制定完善生物液体燃料相关管理办法。

## 2、生物液体燃料产业的全球治理框架初探

全球治理的要素包括全球治理的价值、对象或客体、规制（规则和制度）、主体或基本单元、以及结果等。全球治理的绩效关键在于国际规制的有效性，一方面取决于国际规制本身的制度安排，另一方面取决于实现这些制度安排的社会条件和其他环境条件，包括国际规制的透明度、完善性、适应性、政府能力、权力分配、相互依存和知识基础等。

生物液体燃料产业目前还没有形成统一、明确、完整的全球治理体系，但在目标、对象、规制途径和手段等方面已经可以观察到其基本内容和大致框架。

在全球治理目标和对象上，国际社会已经认识到，必须以保障和促进社会经济和自然可持续发展的方式进行生产利用生物液体燃料，在确保实现积极的清洁能源产出、温室气体减排和经济发展的同时，避免对粮食安全、社会公平、生物多样性等方面造成破坏。因此，治理对象主要集中于原料合格性及粮食安全影响、完整的温室气体排放影响、自然生态系统影响（包括：生物多样性、自然价值的保存、防治沙漠化等），还有社会影响等。

在规制途径和手段上，目前对生物液体燃料温室气体排放影响的规制具有相对成熟的基础，主要表现为各国对生物液体燃料排放影响底限（即最低减排率）的规定、以及联合国气候变化框架公约及其附属协定机制框架下的生物液体燃料相关一般 CDM 项目和造林再造林 CDM 项目。如前所述，欧盟和美国已经以法律法规形式对生物液体燃料在全生命周期中对最低温室气体减排率做出明确规定，为全球层面生物液体燃料排放影响的评价工具和准则的制定实施树立了样板，具有重要的示范意义。虽然联合国气候变化框架公约及附属协定机制没有单独对生物液体燃料的温室气体排放影响做出规定，目前生物液体燃料 CDM 项目也仍限于以废油为原料的生物柴油项目，但是通过不断完善生物液体燃料相关的一般 CDM 项目和造林再造林 CDM 项目方法学，有望制订并广泛实施关于生产应用生物液体燃料的可持续性、考核监测范围、最低 GHG 减排率、最佳做法的基本规范要求，这将为所有生物液体燃料的整个生产过程树立基本规范，对该产业的发展产生长期深远的影响。值得指出的是，2007 年的巴厘岛联合国气候变化大会同意在未来谈判中进一步考虑对发展中国家因减少毁林和森林退化导致的排放、以及森林保护和可持续经营引起的碳储量增加采取的政策措施和积极激励机制问题，预计将对目前具有很大争议的生物液体燃料相关的原料基地林

业项目产生重大影响，对世界范围未来可用于纤维素乙醇和合成燃料的各类土地开发和木质能源林建造管理活动也将产生广泛影响，从而深远影响未来国际生物液体燃料产业的长远发展。

全球治理规制途径和手段在生物液体燃料产业的其它方面的建立和施行，如原料合格性和粮食安全影响、生物多样性影响、国际市场和贸易等，也在近两年内得到高度重视，已开始探讨具体途径和手段。中国自 2006 年以来已明确决定不再扩大使用粮食原料生产燃料乙醇。美国和欧盟更加重视加快转向第二代生物液体燃料，美国还设定了玉米乙醇的上限。许多研究机构和联合国等国际组织呼吁相关国家（特别是欧美国）认真地重新考虑当前生物燃料政策，在主要依赖粮食作为原料的现阶段放慢生物燃料产业的发展步伐。2008 年 2 月，联合国粮农组织启动了粮食安全评估试验研究，利用其开发的“分析框架工具”分析秘鲁、坦桑尼亚和泰国等相关数据，以评估包括生物液体燃料在内的生物能源生产对粮食安全的影响。该分析框架工具预计将在今后作为指导规范世界各国生产生物液体燃料的重要手段。2008 年 4 月，联合国粮农组织在提交给将于 6 月举行的粮食安全高层会议的一份关于全球粮价高涨评估报告中建议道，要创建一个关于生物液体燃料的全球协定。2008 年 5 月，联合国生物多样性公约科咨机构在向第九次生物多样性公约缔约方大会提交的报告中指出，通过运用生物多样性公约框架下的各项工具和指导意见（包括生态系统方法、战略环境评估）可以提供拟定生物燃料政策的一致方法，建议促请各国和相关组织拟订监管生物液体燃料生产的政策框架。该报告还建议，鼓励各国及相关方推动建立实施可持续生物液体燃料相关指标、准则和认证计划，并通过与联合国气候变化框架公约、防治荒漠化公约及其他相关组织的合作，研究拟定具体目标和规定建议。值得重视的是，生物多样性公约第九次大会期间，近 60 个国家承诺将支持在 2020 年之前停止砍伐森林的全球性运动，可望为生物液体燃料产业（特别是在砍伐雨林种植生物柴油和燃料乙醇原料植物的热带国家）形成了新的发展环境和准则。在国际市场和贸易方面，目前正在紧张开展的世界贸易组织多哈回合谈判对燃料乙醇和生物柴油的类别判定、“环境商品和服务”目录制定的最新谈判结果、未来数年国际生物燃料论坛（IBF）及国家标准化组织(ISO)的国际生物燃料标准制定结果，将长期深刻影响生物液体燃料的国际市场合格性、容量、格局等。

特别地，近年来许多国际组织和部分国家推动的、以促进生物液体燃料可持续生产管理标准认证活动，预计将作为关键手段在生物液体燃料的全球治理中发挥核心作用。可以注意到，目前国际社会提出并开始实施的生物液体燃料可持续生产标准和认证活动所涵盖的范围十分广泛，尽管没有出于粮食安全的考虑做出原料合格性的特别要求（例如规定不得使用玉米等粮食原料），但是对全生命周期 GHG 排放影响、土地利用、林业建设、自然保护区和保护、生物多样性等多方面影响做出不同程度的规范要求。如前所述，目前有的可持续生物液体燃料

国际准则已开始应用，例如可持续棕榈油圆桌会议（RSPO）提出的《棕榈油可持续生产准则及标准》可望于 2008 年应用于首个种植项目，使得从源头上规范棕榈油生物柴油的可持续生产成为实际行动。可以预期，随着可持续生物液体燃料认证体系的逐步健全完善并应用于国际生物液体燃料市场，将成为落实社会经济和自然可持续发展理念的具体国际准则规范，与相关国际公约和制度体系（如世界贸易组织、联合国气候变化框架公约及清洁发展机制等）相衔接后将把影响范围实际上扩大到全球各国内部的生物液体燃料生产应用活动。

但是，要实现生物液体燃料的全球治理目前还缺乏足够的条件和共识。在原料合格性和粮食安全方面，虽然国际社会对使用玉米、菜籽油生产燃料乙醇和生物柴油的做法表示高度怀疑甚至给予严厉批评，而且中国、南非等个别国家已明确不再扩大使用玉米和菜籽油生产燃料乙醇和生物柴油，但是美国和欧盟预期在近中期将按照既定方向，坚持并扩大生产使用以玉米、菜籽油等粮油产品为原料的燃料乙醇和生物柴油，无意讨论传统生物液体燃料的原料合格性问题。在温室气体排放影响上，国际上还没有统一的认识和测算核定方法，联合国气候变化框架公约及其附属机制下还没有除废油生物柴油之外的生物液体燃料 CDM 项目，还有待于清洁发展机制理事会就更多类型的生物液体燃料生产应用项目作为 CDM 项目的合格性和方法学做出规定。在美国和欧盟（两国的规定也存在明显差异）之外的其它国家尚未对生物液体燃料制定最低温室气体减排率要求。在生物液体燃料相关的土地开发和能源植物种植方面，针对土壤碳排放效果和可持续森林管理碳汇项目的方法学还不清晰一致，有待于有关方面（例如《公约》附属科学技术咨询机构）进行研究并制定有关规则。保护生物多样性方面的相关国际准则制定工作也才刚刚起步。国际可持续生物液体燃料标准和认证工作也处于个别局部试验阶段。

综上所述，生物液体燃料产业已成为全球治理的重要交汇点，已初步形成了全球治理的大致框架：（a）以保障和促进社会经济和自然系统的全面可持续发展为目标；（b）以多角度的国内国际法规、机制、规范为规制手段，主要包括：主要国家关于生物液体燃料的合格性及差别化待遇相关法规（目前主要针对原料及减排率）、联合国气候变化框架公约框架下的清洁发展机制和林业碳汇规则、世界贸易组织框架下的生物液体燃料类别和环境产品属性判定及相关贸易规则、联合国粮农组织框架下的粮食安全影响评估和最佳实践指导规范、联合国关于自然生态保护相关公约（如生物多样性公约、防治沙漠化公约以及国际湿地公约）框架下的土地开发和原料植物种植规范、国际公认的可持续生物液体燃料准则及认证制度等；（c）以主权国家和国际机构为主要推动者和监管者、以生产应用企业和行业管理和服务组织（如认证实施机构）为主要实施者的多层次主体体系。

为真正有效实现生物液体燃料的全球治理，但还有待于形成和扩大共识、建立完善有关规则制度，需要相关机构、组织和国家进一步加强协调沟通、进行修

改完善，形成相互协调的国际国内政策（诸如国际组织的可持续准则与国内可持续证书的衔接）、标准化的温室气体排放影响评价方法、普遍可接受的可持续生产准则、易于执行的认证核实制度、与国际贸易规则的协调等，从而增强全球生物液体燃料生产、贸易和使用过程相关各项规制的一致性、完整性、透明性、可操作性，推动建立促进可持续发展的国际生物液体燃料产业。

## 七、我国生物液体燃料产业发展的机遇、挑战和对策

### （一）我国生物液体燃料发展现状、机遇和挑战

我国高度重视发展生物液体燃料产业，积极推动生物液体燃料产业实现转型升级，加快建设非粮生物液体燃料产业。在“十五”期间，我国启动生物液体燃料项目，建成 4 家以陈化粮为原料的燃料乙醇企业，总产能为 102 万吨/年。截止到 2006 年末，乙醇汽油的消费量占全国汽油消费量的 29%。生物柴油产业也在“十五”期间起步，主要原料是餐饮废油、野生油料植物果实等废弃动植物油脂原料。为保障粮食安全，我国政府自 2006 年以来明确规定不再扩大陈化粮玉米乙醇产能，严格控制用菜籽油为原料生产生物柴油，鼓励支持利用甜高粱、木薯、小桐子等非粮作物/植物为原料的生物液体燃料，是全球第一个从国家战略政策层面明确规定不得使用食用粮油生产生物液体燃料、转向非粮生物液体燃料产业的国家。《可再生能源中长期发展规划》提出，到 2020 年燃料乙醇和生物柴油年利用量分别达到 1000 万吨和 200 万吨。目前，我国利用薯类、甜高粱、小桐子等非粮作物/植物生产燃料乙醇和生物柴油的技术已进入示范阶段（其中薯类原料燃料乙醇技术已经成熟，在广西建成 20 万吨规模的木薯乙醇项目），是我国可再生能源发展规划中近中期实现产业化发展的主要生物液体燃料技术。利用纤维素生物质生产乙醇燃料的技术尚处于技术研发和中试阶段，其他第二代生物液体燃料（如合成燃料和微藻生物柴油技术）尚未得到足够重视，目前仍处于实验室研究阶段。

我国具有大规模生产使用非粮生物液体燃料的巨大潜力。全国汽车保有量和车用燃料增长迅速，预计相应的我国道路交通燃料需求在 2020 年和 2030 年分别达到 2.6 和 3.6 亿 toe<sup>2</sup>。初步估算显示，通过推广良种良法、品种置换、合理开发 734 万公顷后备耕地以及约 5000 万公顷荒山荒坡，我国以非食用粮糖类农作物（木薯、甘薯、甜高粱及其它农作物）为原料的燃料乙醇生产潜力近中期约为 1500 万吨，以废油为原料的生物柴油生产潜力近中期约 200 万吨，以油料林为原料的生物柴油生产潜力在中远期可达数百万甚至近千吨规模。随着第 2 代生物液体燃料的技术进步，通过部分利用废弃农林生物质和木质能源林，我国在远期具有年产近 1 亿吨纤维素乙醇和合成燃料的潜力。因此，通过发展传统生物液体

---

<sup>2</sup> 根据 IEA WEO2006 预测推算

燃料，在近中期具有满足 8~10% 道路交通燃料的潜力；如果实现第二代生物液体燃料技术的商业化，则我国生物液体燃料在远期具有满足 30% 左右道路交通燃料需求的潜力。

但是我国发展非粮生物液体燃料也面临着困难和障碍。一是尚未明确生物液体燃料产业的中长期发展战略及其在整个能源体系（特别是在未来道路交通燃料体系）中的战略地位。二是尚未制定切实保障和促进社会经济和自然可持续发展的生物液体燃料产业监管政策体系，特别是尚未结合粮食生产流通、土地开发利用、自然生态环境保护、国际贸易监管等重大工作制定科学合理的监管政策，致使目前国内生物液体燃料产业监管缺位、增大风险。三是原料资源基础、技术能力和经济竞争力仍然薄弱，特别是尚未根据中国具体国情深入评价技术路线和产业模式，尚未制定建立大规模且环境友好的边际土地开发和能源植物种植规范，尚未掌握第二代生物液体燃料来哦纤维素乙醇和合成燃料的整套生产工艺，导致近中期国内生物液体燃料的经济竞争力既低于传统石油燃料，也远低于巴西、东南亚等国的产品。

## （二）国际生物液体燃料产业发展对我国的启示、影响和对策分析

首先，生物液体燃料是近中期现实可行的、最具规模化发展潜力的清洁交通替代燃料，有望显著推动道路交通部门的节能减排，但有赖于通过积极的政策扶持和监管建立科学合理的发展道路，以尽快转向非粮生物液体燃料特别是第二代生物液体燃料、切实保障和促进积极的自然生态环境影响、显著提高资源综合利用效率和社会经济综合效益。

其次，中国明确规定未来国内生物液体燃料产业将不再使用玉米、菜籽油等食用农产品，但近中期欧美国家大力发展传统生物液体燃料而大规模消耗粮糖油原料，从而影响农产品市场并间接影响到我国农产品进出口和粮食安全。因此，应对此给予高度重视和充分准备，积极呼吁和推动在全球层面重新审视考虑传统生物液体燃料产业政策及其影响、讨论制定可持续生物液体燃料原料合格性的准则规范。

第三，由于我国现阶段传统燃料乙醇和生物柴油显著低于优势国家产品（如巴西的甘蔗燃料乙醇和东南亚国家的棕榈油生物柴油），我国在当前面临严峻节能减排形势宜认真考虑从巴西和东南亚国家适度进口生物液体燃料产品，也可以到当地投资建设生物液体燃料生产企业。为此，作为生物液体燃料生产和市场潜力最大的国家之一，我国应积极推动国际生物液体燃料市场建设、参与标准和规则制定。特别地，应在近中期种植面积和单产量具有增加潜力、生物液体燃料产业规模与资源环境容量及维护可持续发展的矛盾尚未突出的有利时机，研究与巴西、印度尼西亚、马来西亚等国家建立中长期的甘蔗乙醇和棕榈油生物柴油生产基地投资开发和原料/产品贸易的合适方式。

第四，近中期欧美国家生物液体燃料环境规范和国际生物液体燃料可持续准

则及认证制度是欧美发达国家保护发展自己、引领全球产业和政策的重要途径和手段。目前我国尚未研究建立生物液体燃料的可持续准则和认证制度，既落后于国内生物液体燃料产业发展的需求，又可能被迫接受欧美生物燃料标准和认证制度，应给予高度重视。

第五，生物液体燃料产业的全球治理反映了国际社会对生物液体燃料的广泛复杂社会经济和自然生态影响的集中关切，与我国促进可持续发展、构建和谐世界、做负责任大国的主张相一致。为此，我国应围绕建立促进社会经济可持续发展的生物液体燃料产业，加强与联合国粮农组织、世界贸易组织、气候变化框架公约、自然生态保护相关公约（如生物多样性公约、防治沙漠化公约以及国际湿地公约等）等国际组织机构的，努力协调国际国内政策（诸如国际组织的可持续准则与国内可持续证书的衔接）、标准化的温室气体排放影响评价方法、普遍可接受的可持续生产准则、易于执行的认证核实制度、与国际贸易规则的协调等。

## 八、结论和建议

（一）生物液体燃料产业具有以可持续的方式大规模供应清洁交通能源的广阔前景。生物液体燃料是可预见期内最现实可行的清洁交通燃料技术，且随着近期国际原油价格持续冲高和持续高位运行而更加接近商业化。如果在近中期电动汽车和氢燃料电池车不能实现商业化应用，则预计生物液体燃料将成为最主要的清洁车用替代燃料。

（二）为建立切实促进可持续发展的生物液体燃料产业，国际社会应尽快推动生物液体燃料产业的升级转型。一是要从主要利用食用粮糖油农产品等原料转向主要利用纤维素生物质等非粮原料，以减少生物液体燃料对粮食安全的威胁；二是要从粗放式、破坏性的土地开发和原料植物种植模式转向集约式、保护性的土地开发和原料植物种植模式，特别是要利用农林业废弃生物质资源和退化地，从而实现较高温室气体减排效益，减少间接碳排放风险。三是要从单一原料和产品模式转向可利用多种原料、生产多种产品的综合精炼技术，从而显著高资源综合利用效率和经济效益，还将促进宏观层次上的农业系统、工业系统和环境系统之间的整合。

（三）近期美国、欧盟等主要生物液体燃料生产国的生物燃料发展战略将对国际农产品价格产生不可忽略的推高作用，使得包括中国在内的绝大多数发展中国家将在近中期成为的被动受影响者。虽然自身发展非粮生物液体燃料，但也难独善其身。因此，我国增强对国际生物液体燃料产业发展的预见性，根据自身情况，合理利用国内外两种资源市场等，积极参与国际上有关产业发展规则制定。在现阶段，应积极推动国际社会，特别是欧美国家，评估其规模宏大的生物液体燃料项目对全球粮食安全的影响，加快推动制定关于生物液体燃料原料合格性的基本规范。

（四）大规模生物液体燃料产业已经开始并将继续扩大对全球性的粮食安全、能源安全、气候变化、自然生态保护等产生广泛深远的影响，成为全球治理的重要交汇点。为建立切实保障和促进社会经济和自然系统的全面可持续发展的生物液体燃料产业，国际社会应积极协作，就原料合格性、温室气体减排率、土地开发利用、产品认证、国际贸易等重要全球性问题等建立规范和制度。

（五）我国要按照落实科学发展观、建设资源节约型社会和环境友好型社会的要求，坚定积极稳妥发展生物液体燃料的决心，继续着力推动生物液体燃料产业升级转型。（1）把生物燃料产业切实放在生物质能资源开发利用、农业经济发展、温室气体减排和自然生态保护等整个战略中，近期适度发展非食用粮糖油类生物液体燃料，重在增加农民收入和促进生态建设；大力支持研发示范利用纤维素乙醇和合成燃料，争取将来尽快实现更显著的节能减排效益。（2）建立更完善的农业土地开发监管引导政策，从国土功能区划、地籍管理和种植结构扶持政策层面上建立与生物燃料产业相兼容的农业土地开发监管扶持政策，既实现适用土地资源的开发利用，又发展生物质能源，实现调节农业。（3）加强能力建设、加强和深化国际合作，积极参与国际生物燃料（即生物质能）生产利用的相关技术标准 and 规范、可持续准则和认证制度、国际市场贸易制度研究制定，争取维护自身近期和长远利益。

#### 参考文献

1. Worldwatch Institute, Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Energy and Agriculture, First published by Earthscan in the UK and USA in 2007
2. International Energy Agency(IEA). World Energy Outlook 2006. Paris. 2006
3. International Energy Agency(IEA). World Energy Outlook 2007. Paris. 2007
4. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability, The Sustainable Mobility Project, Full Report, 2004
5. William Coyle, The Future of Biofuels: A Global Perspective, Feature, 2008 <http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/November07/PDF/Biofuels.pdf>
6. USDA ERS, Outlook for US Agricultural Trade, Feb 2008
7. GTZ. International Fuel Price 2007. Eschborn, April 2007
8. The Energy and Resources Institute , & Office of the Principal Scientific Adviser, Government of India. National Energy Map for India: Technology Vision 2030 (Summary for policy-makers). 2006.11
9. Park, H., and T. R. Fortenbery. 2007. "The Effect of Ethanol Production on the U.S. National Corn Price." Proceedings of the NCCC-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management. Chicago, IL. [<http://www.farmdoc.uiuc.edu/nccc134>]
10. Joachim von Braun, International Food Policy Research Institute, THE WORLD FOOD



SITUATION : New Driving Forces and Required Actions, Washington,D.C. December 2007

11. Kahn Ribeiro, S., S. Kobayashi, M. Beuthe, J. Gasca, D. Greene, D. S. Lee, Y. Muromachi, P. J. Newton, S. Plotkin, D. Sperling, R. Wit, P. J. Zhou, 2007: Transport and its infrastructure. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
12. L.R. Lynd, C. Wyman, and M. Laser, D. Johnson and R. Landucci ProForma, *Strategic Biorefinery Analysis: Analysis of Biorefineries*, Subcontract Report, NREL/SR-510-35578, October 2005
13. 国家发改委能源研究所 , 可再生能源发展若干重要问题研究 , 2007
14. 石油和化学工业规划院 , 中国汽车技术研究中心 , 中国汽车工程学会. 中国车用能源与道路车辆可持续发展战略研究.美国能源基金会资助项目.2006.6
15. [2005] Feasibility Study on certification for a Renewable Transport Fuel Obligation
16. Edward Smeets, Andr éFaaij and Iris Lewandowski , *The impact of sustainability criteria on the costs and potentials of bioenergy production* , 2005
17. United Nations Conference on Trade and Development.Making Certification Work for Sustainable Development:The case of Biofuels. 2008
18. B. EickhoutG.J. van den BornJ. NotenboomM. van OorschotJ.P.M. RosD.P. van VuurenH.J. Westhoek ,*Local and global consequences of the EU renewable directive for biofuels: Testing the sustainability criteria* , Milieu en Natuur Planbureau(MNP), 2008
19. European Commission , *Biofuels Progress Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the Member States of the European Union. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT*,Brussels, 10.1.2007
20. IFEU,Dr Guido Reinhardt.Conclusive evaluation of studies Assessing the environmental impact of the use of palm oil as bioenergy carrier, Heidelberg, 10 September 2007
21. US EPA, *Alternative Fuels: E85 and Flex Fuel Vehicles*, October 2006
22. Dr. Michael A. Pacheco. US National Bioenergy Center. *Biofuels development at NREL*. May 16, 2006
23. UK ,Renewable Fuels Agency (RFA).*Carbon and Sustainability Reporting within the RTFO (Summary)*. 2008
24. Alexander Müller, Josef Schmidhuber, Jippe Hoogeveen, Pasquale Steduto, *Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources*. Paper presented at the International Conference: “Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries”, Hyderabad, India, 28-31 January 2007
25. FAO Headquarters, *Key messages from the expert meeting on bioenergy policy, markets and trade and food security and global perspectives on fuel and food security*. Rome, 18-20 February 2008
26. The Rockefeller Foundation Bellagio Study and Conference Center. *SUSTAINABLE*

- BIOFUELS CONSENSUS: Understanding the many drivers for sustainable trade, consumption and production of biofuels, and the comparative advantage of supplying regions combined with demand and technology from consuming regions. Bellagio, Italy, 24-28 March 2008
27. CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. NEW AND EMERGING ISSUES RELATING TO THE CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE OF BIODIVERSITY: Biodiversity and liquid biofuel production. Note by the Executive Secretary of SUBSIDIARY BODY ON SCIENTIFIC, TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL ADVICE. Twelfth meeting, UNESCO, Paris, 2-6 July 2007
  28. 生物多样性公约缔约方大会第九届会议. 生物燃料对生物多样性的潜在影响. 由科咨机构第 XII/17 号建议产生的事项, 执行秘书说明, 波恩. 2008 年 5 月
  29. United Nations, Promoting Modern Bioenergy under the CDM, A joint working paper of: UNEP Risø Center (URC), United Nations Environment Program (UNEP), U.N. Food and Agriculture Organization (FAO), United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2006  
<http://r0.unctad.org/ghg/events/EnergySector2006/John%20Christensen.pdf>
  30. Jon Creyts. etc, Reducing U.S. Greenhouse Gas Emissions: How Much at What Cost? Executive Report of US Greenhouse Gas Abatement Mapping Initiative, December 2007  
[http://www.mckinsey.com/client-service/ccsi/pdf/US\\_ghg\\_final\\_report.pdf](http://www.mckinsey.com/client-service/ccsi/pdf/US_ghg_final_report.pdf)
  31. R.L. McCormick, A. Williams, J. Ireland, M. Brimhall, and R.R. Hayes, Effects of Biodiesel Blends on Vehicle Emissions, Milestone Report, NREL/MP-540-40554, October 2006  
<http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/40554.pdf>
  32. Center for Microfibrous Materials Manufacturing (CM3), Department of Chemical Engineering, Auburn University, Ron Putt of Principal Investigator, Algae as a Biodiesel Feedstock: A Feasibility Assessment (Draft), November 20, 2007  
<http://www.eere.energy.gov/afdc/pdfs/algae.pdf>
  33. 王庆昭等, 生物炼制工业过程及产品, 化学进展, 2007, 19 ( 7/8 ): 1198-1204
  34. 岳国君等, 我国燃料乙醇生产技术的现状与展望, 化学进展, 2007, 19 ( 7/8 ): 1084-1090
  35. 杨斌, Charles E. Wyman, 中国纤维素乙醇技术的研究进展, 2007, 19 ( 7/8 ): 1072-1075
  36. 林鹿等, 木质生物质转化高附加值化学品, 2007, 19 ( 7/8 ): 1206-1216
  37. 陈洪章等, 秸秆发酵燃料乙醇关键问题及其进展, 2007, 19 ( 7/8 ): 1116-1121
  38. 闵恩泽, 姚志龙, 近年生物柴油产业的发展——特色、困境和对策,
  39. 曲音波, 纤维素乙醇产业化, 2007, 19 ( 7/8 ): 1098-1108
  40. 俞可平, 全球治理引论, 全球化和公民社会, 李惠斌主编, 广西师范大学出版社, 2003.4
  41. 联合国生物多样性公约秘书处. 联合国《生物多样性公约》缔约方大会第九次会议新闻稿, <http://www.cbd.int/doc/press/2008/pr-2008-05-30-cop9-en.pdf>
  42. 世界银行. 2008 年世界发展报告: 以农业促发展 ( 摘要 ). 2007
  43. Tom Daschle, C. Ford Runge, and Benjamin Senauer. Food for Fuel?. Foreign Affairs, September/October 2007

44. Joachim von Braun and R. K. Pachauri . The Promises and Challenges of Biofuels for the Poor in Developing Countries. International Food Policy Research Institute. November 2006
45. European Commission , Biofuels Progress Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the Member States of the European Union. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT, Brussels, 10.1.2007
46. European Commission. Biofuels in the European Union: A vision for 2030 and beyond. Final report of the Biofuels Research Advisory Council. 2006
47. NASA. Alternative Fuels and Their Potential Impact on Aviation. 2006
48. Kahn Ribeiro, S., S. Kobayashi, M. Beuthe, J. Gasca, D. Greene, D. S. Lee, Y. Muromachi, P. J. Newton, S. Plotkin, D. Sperling, R. Wit, P. J. Zhou, 2007: Transport and its infrastructure. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
49. Biofuel International, NextGen Biofuels launches Canadian renewable fuels projects, 19th September, 2007 [http://www.biofuels-news.com/news/canada\\_nextgen.html](http://www.biofuels-news.com/news/canada_nextgen.html)
50. BP. DuPont, biobutanol fact sheet. 2007, [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/STAGING/global\\_assets/downloads/B/Bio\\_biobutanol\\_fact\\_sheet\\_jun06.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/STAGING/global_assets/downloads/B/Bio_biobutanol_fact_sheet_jun06.pdf)
51. US DOE.EERE.Hydrogenation-Derived Renewable Diesel Production , 2007. [Http://www.eere.energy.gov/afdc/fuels/emerging\\_green\\_production.html](Http://www.eere.energy.gov/afdc/fuels/emerging_green_production.html)
52. PetroBRAS, Biofuels: 50 Questions and Answers, 2007
53. Michele Rubino, Navigant Consulting, Inc. Global Biodiesel Markets and Policies, WIREC 2008, Washington, DC,
54. FAO. Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Action Required. HIGH-LEVEL CONFERENCE ON WORLD FOOD SECURITY: THE CHALLENGES OF CLIMATE CHANGE AND BIOENERGY Rome, 3 - 5 June 2008 [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-E.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-E.pdf)
55. Dileep K. Birur, Thomas W. Hertel\*, Wallace E. Tyner. The Biofuels Boom: Implications for World Food Markets. Paper prepared for presentation at the Food Economy Conference Sponsored by the Dutch Ministry of Agriculture, The Hague, October 18-19, 2007 <http://www.foodeconomy2007.org/NR/rdonlyres/6C1DDC4F-0FCF-4CCE-BD36-C5176CF6263A/50170/Plenair4TomHertel.doc>
56. FAO. Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Action Required. HIGH-LEVEL CONFERENCE ON WORLD FOOD SECURITY: THE CHALLENGES OF CLIMATE CHANGE AND BIOENERGY Rome, 3 - 5 June 2008 [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-E.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-1-E.pdf)
57. U.S. Environmental Protection Agency. Regulatory Impact Analysis: Renewable Fuel Standard Program. April 2007
58. US DOE EIA, AEO2008 Overview , Annual Energy Outlook 2008 (Revised Early Release) March 2008 <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/overview.pdf>